

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
М.П. Головин  
подпись инициалы, фамилия  
«     »     2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Разработка конструкции цилиндрического  
одноступенчатого редуктора и технологических  
процессов его сборки и механической  
обработки корпусной детали

Руководитель

  
подпись, дата

доцент, канд. техн. н.  
должность, ученая степень

Е.Г. Зеленкова  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Н.С. Давыдович  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
М.П. Головин  
подпись инициалы, фамилия  
«     »     2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Разработка конструкции цилиндрического  
одноступенчатого редуктора и технологических  
процессов его сборки и механической  
обработки корпусной детали


Руководитель

  
подпись, дата

доцент, канд. техн. н.  
должность, ученая степень

Е.Г. Зеленкова  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Н.С. Давыдович  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка конструкции цилиндрического одноступенчатого редуктора и технологических процессов его сборки и механической обработки корпусной детали» содержит 98 страниц текстового документа, 7 приложений, 164 формулы, 23 рисунка, 18 таблиц, 14 использованных источников, 5 листов графического материала.

РЕДУКТОР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОПЕРАЦИЯ, НОРМА ВРЕМЕНИ, ДИАМЕТР, РАЗМЕР, РАСЧЕТ, СБОРКА.

Объект проектирования – цилиндрический одноступенчатый редуктор привода ленточного транспортера.

Цели проектирования:

- Разработка конкурентоспособную конструкцию привода ленточного транспортера и цилиндрического одноступенчатого редуктора;
- Разработка эффективный технологический процесс сборки цилиндрического одноступенчатого редуктора;
- Разработка эффективный технологический процесс механической обработки корпусной детали редуктора.

Задачи проектирования:

- Рассчитать и спроектировать конструктивные элементы привода и редуктора;
- Анализ служебного назначения и технических требований к редуктору;
- На основании размерного анализа конструкции редуктора обосновать методы достижения точности;
- Определить рациональный метод получения заготовки корпуса редуктора;
- Рассчитать и спроектировать приспособление для обработки корпуса редуктора.

На современном этапе развития машиностроения актуальным является вопрос о совершенствовании конструкторских и технологических методов изготовления машин для успешного конкурентирования на мировом рынке.

В результате проделанной работы были выбраны наилучшие конструкторские решения для изготовления привода и редуктора. На основании размерного анализа конструкции привода обоснованы методы достижения точности. Определены рациональные методы получения заготовки и разработан эффективный технологический процесс механической обработки корпуса и сборки редуктора.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Техническое задание .....	4
1.1. Режим работы и фонды времени.....	4
1.2. Расчеты по программе выпуска .....	5
1.3. Тип, форма и условия организация производства .....	5
2. Расчет и конструирование привода ленточного транспортера.....	6
2.1. Подбор двигателя .....	6
2.2. Кинематический расчет .....	8
2.3. Расчет зубчатой передачи редуктора .....	8
2.4. Расчет диаметров валов .....	17
2.5. Расчет клиноременной передачи .....	18
2.6. Расчет подшипников .....	20
2.6.1. Расчет подшипников быстроходного вала .....	20
2.6.2. Расчет подшипников тихоходного вала.....	24
3. Разработка технологического процесса сборки узла .....	27
3.1. Служебное назначение.....	27
3.2. Выявление замыкающих звеньев и анализ технологических условий и норм точности .....	27
3.3. Выбор методов достижения точности.....	27
3.3.1. Размерная цепь $\alpha$ .....	28
3.3.2. Размерная цепь A.....	30
3.4. Анализ технологичности конструкции изделия.....	32
3.5. Методы и схемы контроля сборочного изделия .....	33
3.6. Разработка технологического процесса сборки .....	33
3.7. Проектирование технологических операций.....	35
3.7.1. Выявление видов работ выполненных при сборке изделия.....	35
3.7.2. Составления перечня работ и их нормирование .....	35
3.8. Определение состава оборудования, рабочих мест и числа работающих .....	40
3.9. Планировка участка сборки.....	41
4. Проектирование тех. процесса механической обработки .....	42
4.1. Служебное назначение.....	42
4.2. Технические условия.....	42
4.3. Анализ технологичности основания корпуса .....	45
4.4. Методы и схемы контроля.....	46
4.5. Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки .....	47
4.6. Обоснование выбора технологических баз.....	50

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

						<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>			
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата				
Разработал		Давыдович				Разработка конструкции цилиндрического одноступенчатого редуктора и технологических процессов его сборки и механической обработки корпусной детали	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Зеленкова						1	
Н.контролер							КТМП		

4.7.	Проектирование последовательности изготовления .....	53
4.8.	Определение припусков и межпереходных размеров. ....	57
4.8.1.	Расчет припусков и межпереходных размеров на фрезерование торцовой поверхности, корпуса редуктора.....	59
4.8.2.	Расчет припусков и межпереходных размеров на расточку отверстия в корпусе .....	63
4.9.	Проектирование технологических операций.....	68
4.9.1.	Структура и содержание операций.....	68
4.9.2.	Расчет режимов резания .....	70
4.9.3.	Техническое нормирование.....	75
4.10.	Анализ и расчет точности обработки .....	79
5.	Расчет и конструирование специального приспособления.....	82
5.1.	Техническое задание на проектирование приспособления.....	82
5.2.	Анализ обрабатываемой заготовки, выбор элементов приспособления и схемы установки .....	83
5.3.	Расчет приспособления на точность.....	85
5.4.	Силовой расчет приспособления .....	86
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	88
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	89
	Приложение А Схема сборки редуктора.....	90
	Приложение Б Комплект документов на механическую обработку корпуса редуктора .....	91
	Приложение В Комплект документов на сборку редуктора.....	92
	Приложение Г Сборочный чертеж привода .....	93
	Приложение Д Сборочный чертеж редуктора .....	94
	Приложение Е Чертеж корпуса редуктора .....	95
	Приложение Ж Схема наладок .....	96

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
			Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

**2**

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяет развитие и совершенствование всех отраслей промышленности, науки и сельского хозяйства. Важнейшими условиями ускорения научно-технического прогресса являются рост производительности труда, повышение эффективности производства и улучшение качества продукции.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является проверка приобретенных знаний по общетехническим и специальным дисциплинам. При этом решается большой комплекс инженерных и экономических задач.

ВКР включает в себя разработку технологического процесса механической обработки детали – корпуса редуктора, конструирование одноступенчатого цилиндрического зубчатого редуктора и привода ленточного конвейера и другие работы. Состоит ВКР из двух главных разделов: технологического и конструкторского раздела.

В первом, технологическом разделе, я разработала технологический процесс механической обработки детали – корпуса редуктора и его сборки с учетом производственных условий. Мной были проработаны такие вопросы, как: анализ технологичности конструкции детали; расчет режимов резания; техническое нормирование; разработка планировки участка сборки цеха. Кроме этого были проработаны экономические вопросы, связанные с выбором метода получения заготовки.

Конструкторский раздел предназначен для конструирования привода ленточного транспортера и одноступенчатого цилиндрического редуктора, а также для конструирования технологической оснастки.

При выборе типа редуктора для привода рабочего органа (устройства) необходимо учитывать множество факторов, важнейшими из которых являются: значение и характер изменения нагрузки, требуемая долговечность, надежность, КПД, масса и габаритные размеры, требования к уровню шума, стоимость изделия и др. Из всех видов передач зубчатые передачи имеют наименьшие габариты, массу, стоимость и потери на трение. Зубчатые передачи в сравнении с другими механическими передачами обладают большой надежностью в работе, постоянством передаточного отношения из-за отсутствия проскальзывания, возможностью применения в широком диапазоне скоростей и передаточных отношений. К недостаткам зубчатых передач могут быть отнесены требования высокой точности изготовления и шум при работе со значительными скоростями. При выборе типов передач, вида зацепления, механических характеристик материалов необходимо учитывать, что затраты на материалы составляют значительную часть стоимости изделия: в редукторах общего назначения - 85%, в дорожных машинах - 75%, в автомобилях - 10% и т. д.

От конструирования хорошего приспособления зависит производительность, улучшаются эксплуатационные свойства и качество деталей и соединений, создаются возможности многостаночного обслуживания,

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист
									3

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

совмещенной обработки и др. Все эти факторы приводят к повышению качества изделий и снижению их себестоимости.

## 1. Техническое задание

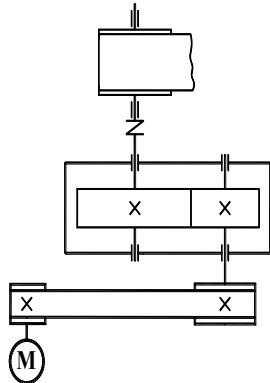


Рисунок 1 Цилиндрический одноступенчатый редуктор с ременной передачей

Заданием на разработку ВКР является разработка технологического процесса сборки одноступенчатого цилиндрического редуктора и механической обработки корпуса редуктора и проектирование привода ленточного транспортера, состоящего из электродвигателя, ременной передачи, одноступенчатого цилиндрического зубчатого редуктора и муфты (см. рис. 1)

Годовая программа выпуска  $N_r = 3000$  шт./год.

$$P_{вых} = 1,3 \text{ кВт};$$

$$\omega_{вых} = 13 \text{ с}^{-1},$$

$L_h$  срок службы передачи = 5000 часов.

### 1.1. Режим работы и фонды времени

Календарное число дней – 366.

Количество выходных дней – 105.

Праздничных дней – 12.

Режим работы – двухсменный.

Продолжительность смены – 8 ч.

Определение номинального годового фонда времени работы оборудования и рабочих мест:

$$F_n = [(366 - 105 - 12) \cdot 8] \cdot 2 = 3984 \text{ ч.} \quad (1)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			4

Действительный годовой фонд времени работы оборудования с учетом потерь времени на планово-предупредительные ремонты и профилактику оборудования, в соответствии с графиком ремонта оборудования:  $F_d = 3625$  ч.

## 1.2. Расчеты по программе выпуска

Суточное задание:

$$P_c = N/254 = 3000/254 = 12 \text{ шт.} \quad (2)$$

Размер партии запуска, определим из расчета суточного задания:

$$P_z = P_c \cdot a = 12 \cdot 6 = 72 \text{ шт.} \quad (3)$$

где  $a = 6$  - периодичность запуска в днях.

Фактическое число изделий в партии в дальнейшем необходимо скорректировать по фактическому значению коэффициента загрузки оборудования (рабочих мест), определенному для условий спроектированного технологического процесса.

Такт выпуска в механическом цехе:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 3850}{3000} = 77 \text{ мин} \quad (4)$$

Такт выпуска в сборочном цехе:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4080}{3000} = 81,6 \text{ мин} \quad (5)$$

## 1.3. Тип, форма и условия организация производства

Тип производства на данном этапе проектирования определяем ориентировочно, исходя из трудоемкости сборки и программы выпуска изделия. На основании базового варианта технологического процесса используемого в мелкосерийном производстве, норма времени на сборку составляют 1 ч, при месячной программе выпуска – 20 шт., следовательно, для проектируемой программы выпуска 3000 шт./год (250 шт./мес.) и предполагаемой трудоемкости сборки изделия 1 ч., принимаем серийное производство, согласно таблицы 1.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			5



Таблица 1 Определение типа производства при сборке изделий

Трудоемкость сборки изделия, ч.	Среднемесячный выпуск изделий, шт., при типах производства.				
	единичном	мелко серийном	серийном	крупно серийном	массовом
>>0,25 >>2,5	---	до 80	>>81 >>800	>>801 >>4500	>>4500

Производство осуществляется по единичному технологическому процессу, на специализированных рабочих местах предметно-замкнутых участков. Механическая обработка корпусных деталей осуществляется с применением многоцелевых станков с ЧПУ. Данное оборудование обеспечивает быструю переналадку на изготовление деталей различной конфигурации. Операции механической обработки и слесарно-сборочные операции по длительности не синхронизируются, поэтому принимаем – не поточную форму организации производства.

## 2. Расчет и конструирование привода ленточного транспортера

### 2.1. Подбор двигателя

Основными исходными данными для выбора электродвигателя являются мощность на выходном валу привода и частота вращения его вала. В первую очередь рассчитаем требуемую мощность электродвигателя:

$$P_{тр} = \frac{P_{вых}}{\eta_{общ}}, \text{ где} \quad (6)$$

$P_{тр}$  - требуемая мощность электродвигателя, кВт;

$P_{вых}$  - мощность на выходном валу привода, кВт;

$\eta_{общ}$  - общий КПД привода.

При последовательном соединении механизмов общий КПД привода определяется как произведение значений КПД входящих в него механизм.

$$\eta_{общ} = \eta_{з.п.} \cdot \eta_{р.п.}, \text{ где} \quad (7)$$

$\eta_{з.п.}$  - КПД зубчатой передачи,

$\eta_{р.п.}$  КПД ременной передачи.

Рекомендованное значение КПД данного вида передачи:

$$\eta_{з.п.} = 0,97;$$

$$\eta_{м..} = 0,98;$$

$$\eta_{р.п.} = 0,96.$$

$$\eta_{общ} = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,98 = 0,912576$$

Тогда:

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										6

$$P_{тр} = \frac{1,3}{0,912576} = 1,4 \text{ кВт}$$

Выбирая мощность двигателя ( $P_{дв}$ ), необходимо учесть, что  $P_{дв} \geq P_{тр}$   
Т.о. выбрали двигатель мощностью 1,5 кВт ( $P_{дв} = 1,5 \text{ кВт}$ ).

Для электродвигателя такой мощности соответствует несколько значений синхронной частоты.

Посчитаем несколько двигателей с разным значением синхронной частоты (таб.2):

Таблица 2 Выбор двигателя

$n_{дв}$ (об/мин)	2850	1395	925	702
$U_{пр0}$	22,95	11,23	7,45	5,65
$U_{р.п.}$	2	2	2	2
$U_{ред.}$	11,5	5,6	3,7	2,8
Тип редуктора	Ц2, КЦ, Ч, П2	Ц, КЦ, П	Ц, К, П	Ц, К, П

Частота вращения вала на выходе привода

$$n_{вых} = \frac{30 \cdot \omega_{вых}}{\pi} = \frac{30 \cdot 13}{3,14} = 124,2 \text{ об/мин.} \quad (8)$$

Посчитаем требуемую частоту вращения вала двигателя по формуле:

$$n_{тр} = n_{вых} U_1 U_2 \dots U_n, \text{ где} \quad (9)$$

$U_1 U_2 \dots U_n$  – передаточные числа кинематических пар привода.  
Возьмем их средние значения:

$$n_{тр} = 124,2 \cdot 2,5 \cdot 4,4 = 1366,2 \text{ об/мин.}$$

По полученным значениям подбираем электродвигатель типа АИР80В4.

$$P_{дв} = 1,5 \text{ кВт,}$$

$$n_{ном} = 1500 \text{ об/мин,}$$

$$n_{дв} = 1395 \text{ об/мин.}$$

Посчитаем передаточное число привода по формуле:

$$U_{пр0} = \frac{n_{дв}}{n_{вых}}, \quad (10)$$

Передаточное число выбранного мной двигателя составляет 11,23

$$U_1 = 2,00569$$

$$U_2 = 5,6$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

Лист

7

Угловую скорость вращения вала двигателя рассчитываем по формуле:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1395}{30} = 146,01 \text{ рад/сек.} \quad (11)$$

## 2.2. Кинематический расчет

Мощность определяется из соотношения:

$$P = T \cdot \omega, \text{ где} \quad (12)$$

$P$  - мощность, Вт;

$T$  - вращающий момент, Н · м;

$\omega$  - угловая скорость, рад/с.

Вращающий момент:

$$P_1 = P_{\text{пр}} = 1,5 \text{ кВт};$$

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 146,01 \text{ рад/сек};$$

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{1500}{146,01} = 10,273 \text{ Н · м};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{п.н.}} = 1,5 \cdot 0,96 = 1,44 \text{ кВт};$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U_1} = \frac{146,01}{2,00569} = 72,79789 \text{ рад/сек};$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{1440}{72,79789} = 19,78 \text{ Н · м};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{з.н.}} = 1,44 \cdot 0,97 = 1,3968 \text{ кВт};$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_2} = \frac{72,79789}{5,6} = 13 \text{ рад/сек};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{\omega_3} = \frac{1396,8}{13} = 107,446 \text{ Н · м};$$

## 2.3. Расчет зубчатой передачи редуктора

Выберем материал для шестерни и колеса передачи.

Примем следующие механические характеристики сталей для колеса и шестерни (см. таб. 3)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			8

Таблица 3 Механические характеристики сталей для колеса и шестерни

Тип зубчатого колеса	Марка стали	Вид Термической обработки	Размер шестерни, D <sub>пр</sub> , мм	Размер колеса, S <sub>пр</sub> , мм	σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>т</sub> , МПа	Твердость поверхности, НВ
Колесо	40Х	Улучшение	200	125	790	640	235-262
Шестерня	40Х	Улучшение	125	80	900	750	269-302

Определим значения допускаемых контактных напряжений для шестерни и колеса.

Примем в дальнейшем, что величины, имеющие индекс «1» относятся к шестерне, а с индексом «2» - к колесу.

Определим значения допускаемых контактных напряжений  $[\sigma]_H$  регламентируется ГОСТ 21354-75:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{HO} \cdot K_{HL}}{S_H}, \text{ где} \quad (13)$$

$\sigma_{HO}$  - предел контактной выносливости при базовом числе циклов напряжения;

$S_H = 1,1$  - коэффициент безопасности (см. таб. 4)

Таблица 4 Пределы контактной выносливости  $\sigma_{HO}$  и коэффициенты запаса прочности  $S_H$ 

Способ термической обработки зубьев	Средняя твердость поверхности зубьев	Сталь	$\sigma_{HO}$ , МПа	$S_H$
Нормализация, улучшение	$\leq 350$ НВ	Углеродистая и легированная (40, 45, 40Х, 40ХН)	$2 \text{ НВ}_0 + 70$	1,1

$K_{HL}$  - коэффициент долговечности.

Вычислим  $\sigma_{HO}$  для шестерни и колеса:

$$\sigma_{HO1} = 2 \cdot 300 + 70 = 670 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{HO2} = 2 \cdot 260 + 70 = 590 \text{ МПа},$$

Для длительно работающих передач при  $N_{HE} > N_{HO}$  коэффициент долговечности равен

$$K_{HL} = \sqrt[3]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} \geq 0,75, \text{ где} \quad (14)$$

$N_{HO}$  - значение базового числа циклов напряжения;

$N_{HE}$  - расчетное число циклов напряжения за весь срок службы передачи при постоянном режиме нагружения.

Вычислим  $N_{HO}$  для шестерни и колеса:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			9

$$N_{HO1} = 30(HB)^{2,4} = 30 \cdot 300^{2,4} = 3091590917;$$

$$N_{HO2} = 30(HB)^{2,4} = 30 \cdot 260^{2,4} = 2192941500.$$

Вычислим  $N_{HE}$  для шестерни и колеса по формуле:

$$N_{HE} = 60 \cdot c \cdot L_h \cdot n, \text{ где} \quad (15)$$

$n$  - частота вращения шестерни (колеса),  $\text{мин}^{-1}$ ;

$L_h$  - срок службы передачи под нагрузкой, ч;

$c$  - число зацеплений зуба за один оборот колеса;  $c = 1$

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 72,79789}{3,14} = 695,17 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 13}{3,14} = 124,14 \text{ об/мин};$$

$$N_{HE1} = 60 \cdot 1 \cdot 5000 \cdot 695,17 = 208551000$$

$$N_{HE2} = 60 \cdot 1 \cdot 5000 \cdot 124,14 = 37242000$$

Так как  $N_{HE} < N_{HO}, K_{HL} = 1$ .

Определим допускаемые контактные напряжения  $[\sigma]_H$  для шестерни и колеса:

$$[\sigma]_{H1} = \frac{\sigma_{H01} \cdot K_{HL1}}{S_{H1}} = \frac{670 \cdot 1}{1,1} = 609,09 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{H2} = \frac{\sigma_{H02} \cdot K_{HL2}}{S_{H2}} = \frac{590 \cdot 1}{1,1} = 536,36 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_H = [\sigma]_{H2} = 536,36 \text{ МПа}.$$

Определим значения допускаемых напряжений при расчете зубьев на изгиб.

Допускаемые напряжения изгиба  $[\sigma]_F$  определяются по формуле:

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{FO} \cdot Y_Z \cdot Y_A \cdot K_{FL} \cdot Y_R}{S_F}, \text{ где} \quad (16)$$

$\sigma_{FO}$  - предел выносливости зубьев при изгибе соответствующий базовому числу циклов напряжений (см. таб. 5);

$$\sigma_{FO1} = 1,75HB_1 = 1,75 \cdot 300 = 525 \text{ МПа};$$

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										10

$$\sigma_{FO2} = 1,75HB_2 = 1,75 \cdot 260 = 455 \text{ МПа};$$

Таблица 5 Пределы выносливости  $\sigma_{FO}$  и коэффициенты запаса прочности  $S_F$

Способ термической обработки зубьев	Средняя твердость поверхности зубьев	Сталь	$\sigma_{FO}$ , МПа	$S_F$
Нормализация, улучшение	$\leq 350 \text{ HB}$	Углеродистая и легированная (40, 45, 40Х, 40ХН, 35ХМ)	$1,75HB_0$	1,7

$S_F = 1,7$  - коэффициент безопасности;

$Y_R$  - коэффициент, учитывающий влияние шероховатости переходной поверхности между зубьями,  $Y_R = 1$ ;

$Y_Z$  - коэффициент, учитывающий способ получения заготовки шестерни и колеса. Для поковок и штамповок  $Y_Z = 1$ ;

$Y_A$  - коэффициент, учитывающий влияние двустороннего приложения нагрузки.  $Y_A = 1$ ;

$K_{FL}$  - коэффициент долговечности

$$K_{FL} = \sqrt[3]{\frac{N_{FO}}{N_{HE}}} \geq 1, \text{ где} \quad (17)$$

$N_{FO}$  - базовое число циклов напряжений. Для сталей  $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ .

Так как расчетное число циклов напряжений для шестерни  $N_{HE1} = 147459270$  и для колеса  $N_{HE2} = 14745927$  больше базового числа циклов  $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ , то принимаем  $K_{FL} = 1$ .

Подставим найденные значения в формулу нахождения  $[\sigma]_F$ :

$$[\sigma]_{F1} = \frac{525 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 308,824 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F2} = \frac{455 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 267,647 \text{ МПа}.$$

Определим значение межосевого расстояния.

Определение межосевого расстояния определяется по формуле:

$$a_w \geq K_a(U + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_H}{U \cdot [\sigma_H]^2 \Psi_{ba}}}, \text{ мм, где} \quad (18)$$

$K_a = 450 \text{ МПа}^{1/3}$  - вспомогательный коэффициент;

$T_2$  - вращающий момент на шестерне,  $T_2 = 19,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$U$  - передаточное число,  $U = 5,6$ ;

$\Psi_{ba}$  - коэффициент ширины венца колеса. При симметричном расположении прямозубых колес относительно опор выбираем  $\Psi_{ba} = 0,4$ ;

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										11

$K_H$  - коэффициент нагрузки. Для прямозубой передачи предварительно принимаем  $K_H = 1,3$ ;

Вычисляем межосевое расстояние:

$$a_w \geq 450(5,6 + 1) \sqrt[3]{\frac{19,78 \cdot 1,3}{5,6 \cdot 502,64^2 \cdot 0,4}} = 100 \text{ мм.}$$

Полученное значению  $a_w = 100$  мм является стандартным значением по ГОСТ 2185-66;

Выберем модуль зацепления.

Минимальное значение модуля из условия прочности на изгиб:

$$m \geq \frac{K_m \cdot T_1 \cdot (U+1)}{a_w \cdot b_2 \cdot [\sigma_F]_2}, \text{ мм, где} \quad (19)$$

$K_m = 3,4 \cdot 10^3$  – для прямозубой передачи;

$b_2$  – ширина венца колеса

$$b_2 = \Psi_{ba} \cdot a_w = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ мм.} \quad (20)$$

$$m \geq \frac{3400 \cdot 19,78(5,6+1)}{100 \cdot 40 \cdot 257,353} = 0,4 \text{ мм.}$$

Максимально допустимый модуль передачи:

$$m_{max} \approx \frac{2a_w}{17(U+1)} \approx 1,8 \text{ мм.} \quad (21)$$

По ГОСТ 9563-80 принимаем стандартное значение окружного модуля:  $m = 1,5$  мм.

Определим основные геометрические параметры зубчатых колес.

Определение суммарного числа зубьев:

$$z_S = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 \cdot 100}{1,5} = 133,33. \quad (22)$$

Принимаем  $z_S = 133$ .

Определение числа зубьев шестерни и колеса:

$$z_1 = \frac{z_S}{U + 1} = \frac{133}{5,6 + 1} = 20,15 \quad (23)$$

Принимаем  $z_1 = 20$ .

Число зубьев колеса:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			12

$$z_2 = z_s - z_1 = 133 - 20 = 113 \quad (24)$$

Уточнение передаточного числа:

$$U_\phi = \frac{z_2}{z_1} = \frac{113}{20} = 5,65 \quad (25)$$

Отклонение от заданного передаточного числа:

$$\Delta U = \frac{U_\phi - U}{U} 100 = \frac{5,65 - 5,6}{5,6} \cdot 100 = 0,89\% < [U] = 4\%. \quad (26)$$

Уточнение межосевого расстояния:

$$a_w = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} = \frac{1,5 \cdot (20 + 113)}{2} = 99,75 \text{ мм} \quad (27)$$

Определим значения конструктивных размеров шестерни и колеса.

При разработке конструкций зубчатых колес учитывают их геометрические размеры ( $d_a$ ,  $d_f$ ,  $b$ ), используемые для изготовления материала, способы получения заготовок и объем выпуска изделий.

Вычислим делительные диаметры  $d_1$  и  $d_2$  по формулам:

$$\begin{aligned} d_1 &= m \cdot z_1 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ мм;} \\ d_2 &= m \cdot z_2 = 1,5 \cdot 113 = 170 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (28)$$

Диаметры вершин зубьев находим по формулам:

$$\begin{aligned} d_{a1} &= d_1 + 2m = 30 + 2 \cdot 1,5 = 33 \text{ мм;} \\ d_{a2} &= d_2 + 2m = 170 + 2 \cdot 1,5 = 173 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (29)$$

Диаметры впадин:

$$\begin{aligned} d_{f1} &= d_1 - 2m = 30 - 2 \cdot 1,5 = 27 \text{ мм;} \\ d_{f2} &= d_2 - 2m = 170 - 2 \cdot 1,5 = 167 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (30)$$

Размеры заготовок

Диаметр заготовки шестерни:

$$D_{заг} = d_{a1} + 6 = 33 + 6 = 39 \text{ мм.} \quad (31)$$

Для колеса с выточками толщина диска:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			13



$$C_{заг} = 0,5b_2 = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}; \quad (32)$$

толщина обода заготовки колеса:

$$S_{заг} = 8m = 8 \cdot 1,5 = 12 \text{ мм}; \quad (33)$$

2.1] Предельные размеры заготовок  $D_{np} = 125 \text{ мм}$ ;  $S_{np} = 80 \text{ мм}$  [6, стр. 12, таб.

Условия пригодности заготовок выполняются, так как  $D_{заг} < D_{np}$ ;  $C_{заг} < S_{np}$ ;  $S_{заг} < S_{np}$ .

Определяем силы в зацеплении:

Окружная сила:

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2000 \cdot 19,78}{30} = 1318,7 \text{ Н}; \quad (34)$$

Осевая сила на шестерне и колесе:

$$F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1318,7 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 480 \text{ Н}; \quad (35)$$

Радиальная сила на шестерне и колесе:

$$F_R = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1318,7 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 480 \text{ Н}; \quad (36)$$

Проверочный расчет передачи на контактную прочность

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_H \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H \cdot (U+1)}{d_1 \cdot b_2 \cdot U}} \leq [\sigma_H], \text{ МПа, где} \quad (37)$$

$Z_E = 192 \text{ МПа}^{1/2}$  – коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряженных колес;

$Z_\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий. Для прямозубых колес  $Z_\varepsilon = 0,9$ ;

$Z_H$  – коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев. Для прямозубых передач без смещения  $Z_H = 2,5$ ;

$U = 5,65$  – фактическое передаточное число.

$K_H$  – коэффициент нагрузки.

$$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\gamma}, \text{ где} \quad (38)$$

$K_{H\beta}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий.

Инов. № подл.	Взам. инв. №
Подпись и дата	

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
							14

При  $\psi_{ba} = \frac{b_2}{d_1} = \frac{40}{30} = 1,3$ , твердости зубьев колес  $\leq 350$  НВ и симметричном расположении колес относительно опор  $K_{H\beta} = 1,08$ ;  
 $K_{H\gamma}$  – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку.  
 Окружная скорость в зацеплении  $V$  определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 695,17}{60 \cdot 1000} = 1,1 \text{ м/с.} \quad (39)$$

Для прямозубой передачи назначаем 9-ю степень точности изготовления.  
 При  $V = 1,1$  м/с и 9-й степени точности изготовления передачи  $K_{H\gamma} = 1,06$ .

$$K_H = 1,08 \cdot 1,06 = 1,14.$$

Расчетное контактное напряжение

$$\sigma_H = 192 \cdot 0,9 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{1318,7 \cdot 1,14 \cdot (5,6+1)}{30 \cdot 40 \cdot 5,6}} = 524 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma]_H = 536,36 \text{ МПа} > \sigma_H = 524 \text{ МПа}$$

Отклонение расчетного напряжения от допускаемых контактных напряжений:

$$\Delta\sigma_H = \frac{536,36-524}{524} \cdot 100 = 2,36\%. \quad (40)$$

Перегрузка передачи составляет 2,36%, что допустимо.  
 Проверочный расчет передачи на выносливость при изгибе

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F}{b_2 \cdot m} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \leq [\sigma_H], \text{ МПа, где} \quad (41)$$

$K_F$  – коэффициент нагрузки;

$Y_{FS}$  – коэффициент, учитывающий форму зуба:

$$Y_{FS} = 3,47 + \frac{13,2}{z_v} - \frac{27,9x}{z_v} + 0,092x^2, \quad (42)$$

$z_v$  – эквивалентное число зубьев колес;

$x$  – коэффициент смещения;

$Y_\beta$  – коэффициент, учитывающий наклон зуба,  $Y_\beta = 1$ ;

$Y_\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий перекрытие зубьев,  $Y_\varepsilon = 1$ .

Для прямозубых передач без смещения исходного контура  $x = 0$  и  $z_v =$

$z$ .

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			15

Для шестерни:

$$Y_{FS1} = 3,47 + \frac{13,2}{20} = 4,13;$$

для колеса:

$$Y_{FS2} = 3,47 + \frac{13,2}{113} = 3,59.$$

Коэффициент нагрузки:

$$K_F = K_{Fv} K_{F\beta}, \text{ где} \quad (43)$$

$K_{Fv}$  – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку. При  $V = 1,1$  м/с и 9-й степени точности изготовления передачи  $K_{Fv} = 1,11$ .

$K_{F\beta}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий.

$$K_{F\beta} = 1 + 1,5 (K_{H\beta} - 1) = 1 + 1,5 (1,08 - 1) = 2,2. \quad (44)$$

$$K_F = 1,11 \cdot 2,2 = 2,4.$$

Расчетное напряжение изгиба в зубьях колеса:

$$\sigma_{F2} = \frac{1318,7 \cdot 2,4}{50 \cdot 1,5} \cdot 3,59 \cdot 1 \cdot 1 = 151,49 \text{ МПа};$$

Расчетное напряжение изгиба в зубьях шестерни

$$\sigma_{F1} = \frac{\sigma_{F2} Y_{FS1}}{Y_{FS2}} = \frac{151,49 \cdot 4,13}{3,59} = 174,28 \text{ МПа} < [\sigma]_F = 308,82 \text{ МПа}.$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ				16

## 2.4. Расчет диаметров валов

Рассчитаем диаметры валов для быстроходного и тихоходного вала (см. таб. 6):

Таблица 6 Расчет диаметров валов

Быстроходный вал	Тихоходный вал
1	2
<p>Диаметр быстроходного вала вычислим по формуле:</p> $d \geq \sqrt[3]{T} \quad (45)$ $d \geq \sqrt[3]{19,78} = 18,9 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>d = 19 \text{ мм.}</math>  Высоту заплечика (<math>t</math>), координату фаски подшипника (<math>r</math>) и размер фаски колеса (<math>f</math>) принимаем в зависимости от диаметра:  <math>t = 3 \text{ мм, } r = 1,5 \text{ мм, } f = 1 \text{ мм.}</math>  Диаметр подшипника для цилиндрической передачи считаем по формуле:</p> $d_n \geq d + 2t \quad (46)$ $d_n \geq 19 + 2 \cdot 3 = 25 \text{ мм.}$ <p>Диаметр упора подшипника:</p> $d_{6n} \geq d_n + 3r \quad (47)$ $d_{6n} \geq 25 + 3 \cdot 1,5 = 29,5 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>d_{6n} = 30 \text{ мм.}</math>  Диаметр вала под колесо: <math>d_k \geq d_{6n}</math>  Принимаем <math>d_k = 30 \text{ мм.}</math></p>	<p>Диаметр тихоходного вала вычислим по формуле 45:</p> $d \geq \sqrt[3]{107,446} = 33,3 \text{ мм}$ <p>Принимаем <math>d = 33 \text{ мм.}</math>  Высоту заплечика (<math>t</math>), координату фаски подшипника (<math>r</math>) и размер фаски колеса (<math>f</math>) принимаем в зависимости от диаметра:  <math>t = 3,5 \text{ мм, } r = 2,5 \text{ мм, } f = 1,2 \text{ мм.}</math>  Диаметр подшипника для цилиндрической передачи считаем по формуле 46:</p> $d_n \geq 33 + 2 \cdot 3,5 = 42 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>d_n = 40 \text{ мм.}</math>  Диаметр упора подшипника считаем по формуле 47:</p> $d_{6n} \geq 40 + 3 \cdot 2,5 = 47,5 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>d_{6n} = 48 \text{ мм.}</math>  Диаметр вала под колесо: <math>d_k \geq d_{6n}</math>  Принимаем <math>d_k = 48 \text{ мм.}</math>  Рассчитаем диаметр упора колеса:</p> $d_{6k} \geq d_k + 3f \quad (48)$ $d_{6k} \geq 48 + 3 \cdot 1,2 = 51,6 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>d_{6k} = 53 \text{ мм.}</math></p>
<p>Рассчитаем длину шпонки.  По ГОСТ 23360-78 сечение шпонки <math>b \times h = 8 \times 7 \text{ мм,}</math>  глубина паза шпонки <math>t_1 = 4 \text{ мм.}</math>  Расчетная длина шпонки равна:</p> $l_p = \frac{2T}{d[\sigma_{cm}](h - t_1)} \quad (49)$ <p>Принимаем <math>\sigma_{cm} = 100 \text{ МПа.}</math></p> $l_p = \frac{2 \cdot 19,78}{19 \cdot 100 \cdot (7 - 4)} = 6,9 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>l_p = 7 \text{ мм.}</math>  Считаем длину шпонки по формуле:</p> $l_{шп} = l_p + b \quad (50)$ $l_{шп} = 7 + 8 = 15 \text{ мм.}$	<p>Рассчитаем длину шпонки.  По ГОСТ 23360-78 сечение шпонки <math>b \times h = 10 \times 8 \text{ мм,}</math>  глубина паза шпонки <math>t_1 = 5 \text{ мм.}</math>  Расчетную длину шпонки считаем по формуле 49.  Принимаем <math>\sigma_{cm} = 100 \text{ МПа.}</math></p> $l_p = \frac{2 \cdot 107,446}{33 \cdot 100 \cdot (8 - 5)} = 21,7 \text{ мм.}$ <p>Принимаем <math>l_p = 22 \text{ мм.}</math>  Считаем длину шпонки по формуле 50:</p> $l_{шп} = 22 + 10 = 32 \text{ мм.}$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			17

1	2
	Рассчитаем длину ступицы:
	1. $l_{ст} = b = 10 \text{ мм.}$ (51)
	2. $l_{ст} = (1-1,5)d_k = 48 \text{ мм.}$ (52)
	3. $l_{ст} = l_{шп} + (2-4) = 36 \text{ мм.}$ (53)
	Выбираем из трех условий максимальную длину: $l_{ст} = 50 \text{ мм.}$

## 2.5. Расчет клиноременной передачи

Крутящий момент на ведущем валу  $T = 10,273 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Для передачи данного крутящего момента подходят ремни трех сечений О, А, УО, поэтому проводим расчеты для данных типов ремней и их результаты сводим в таблицу 7:

Таблица 7 Расчет параметров ремней

Рассчитываемые параметры	Тип сечений ремня		
	О	А	УО
1	2	3	4
Ширина ремня по нейтральному слою, $b_p$ , мм	8,5	11	8,5
Площадь поперечного сечения ремня, $A$ , мм	47	81	56
Минимальный диаметр шкива, $d_{1min}$ , мм	63	90	63
Принимаем диаметр ведущего шкива, $d_{1min}$ , мм	71	100	71
Коэффициент скольжения, $\xi$	0,02	0,02	0,02
Диаметр ведомого шкива, мм $d_2 = d_1 \cdot U(1 - \xi)$ (54)	139,56	196,56	139,56
Принимаем из стандартного ряда, $d_{p2}$ , мм	140	200	140
Действительное передаточное отношение $U = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1(1 - \xi)}$ (55)	2,01	2,04	2,01
Отклонение передаточного отношения, $\Delta U$ , %	0,5	2	0,5
Скорость ремня, м/с $V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$ (56)	5,2	7,3	5,2
Предварительное межосевое расстояние, мм $a = d_2(2,0167 - 0,63 \cdot U + 0,1254 \cdot U^2 - 0,009 \cdot U^3)$ (57)	165,75	235,39	165,75
Расчетная длина ремня, мм $L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$ (58)	670	953	670
Стандартная длина ремня, $L$ мм	670	950	670
Расчетное межосевое расстояние, мм $a = \frac{L - \pi \left[ \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right) \right]}{4} + \frac{1}{4} \sqrt{\left[ L - \pi \frac{d_1 + d_2}{2} \right]^2 - 8 \left[ \frac{d_2 - d_1}{2} \right]^2}$ (59)	169	239	169
Угол охвата на ведущем шкиве, ° $\alpha_1 = 180^\circ - \frac{(d_2 - d_1)57,3^\circ}{a}$ (60)	156,65	156	156,65
Угол охвата на ведомом шкиве, $\alpha_2$ ° (см. формулу 60)	203,35	204	203,35

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

18

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
------	------	------	-------	---------	------



$a/c = 0,4$ ,  
числе спиц  $z = 2$

$$c = \sqrt[3]{\frac{T_2 \eta}{0,4z}} = \sqrt[3]{\frac{10,273 \cdot 0,96}{0,4 \cdot 2}} = 23 \text{ мм, где} \quad (71)$$

$\eta = 0,96$  – коэффициент полезного действия ременной передачи.  
Принимаем:

$$c_0 = 0,8 \quad c = 0,8 \cdot 23 = 18 \text{ мм}$$

$$a_0 = 0,8 \quad a = 0,8 \cdot 12 = 10 \text{ мм.}$$

Диаметр ступицы ведомого шкива:

$$d_{cm} = 2d = 2 \cdot 30 = 60 \text{ мм.} \quad (72)$$

Длину ступицы принимаем  $l = 60$  мм.

## 2.6. Расчет подшипников

### 2.6.1. Расчет подшипников быстроходного вала

1. Рассчитаем радиальные реакции опор от сил в зацеплении (см. рис. 2)

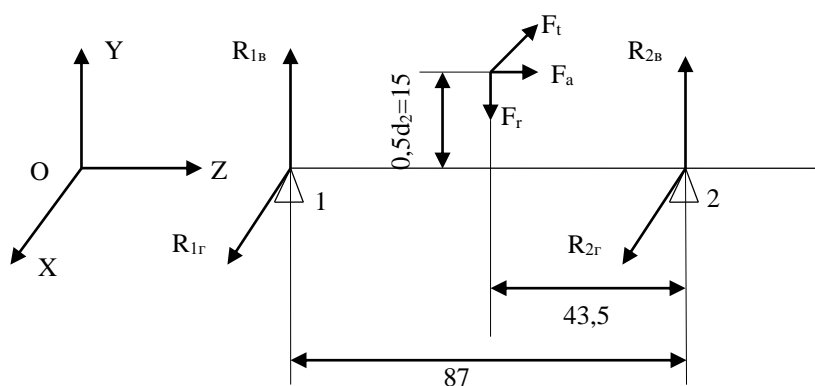


Рисунок 2 Реакции опор для подшипников быстроходного вала от радиальных сил

- в плоскости XOZ:

$$\sum M_1 = 0; F_r(l - l_1) + \frac{F_a d_1}{2} - R_{2B}l = 0, \text{ где} \quad (73)$$

$M_1$  – момент на валу. Отсюда

$$R_{2B} = \frac{F_r(l - l_1) + \frac{F_a d_1}{2}}{l} = \frac{480(87 - 43,5) + \frac{480 \cdot 30}{2}}{87} = 323 \text{ Н} \quad (74)$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

20

$$\sum M_2 = 0; R_{1B}l + \frac{F_a d_1}{2} - F_r l = 0, \quad (75)$$

$$R_{1B} = \frac{F_r l - \frac{F_a d_1}{2}}{l} = \frac{480(87-43,5) - \frac{480 \cdot 30}{2}}{87} = 157 \text{ Н} \quad (76)$$

- в плоскости YOZ:

$$\sum M_1 = 0; R_{2r}l - F_t(l - l_1) = 0, \quad (77)$$

$$R_{2r} = \frac{F_t(l - l_1)}{l} = \frac{1319(87-43,5)}{87} = 659,5 \text{ Н} \quad (78)$$

$$\sum M_2 = 0; -R_{1r}l + F_t l_1 = 0, \quad (79)$$

$$R_{1r} = \frac{F_t l_1}{l} = \frac{1319 \cdot 43,5}{87} = 659,5 \text{ Н} \quad (80)$$

Суммарные реакции опор:

$$R_1 = \sqrt{R_{1r}^2 + R_{1B}^2} = \sqrt{695,5^2 + 157^2} = 713 \text{ Н} \quad (81)$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2r}^2 + R_{2B}^2} = \sqrt{695,5^2 + 323^2} = 767 \text{ Н}$$

2. Рассчитаем радиальные реакции опор от действия шкива ременной передачи.

Рассчитаем консольную силу по ГОСТ Р 50891-96:

$$F_k = (50 \dots 125) \sqrt{T_B} = 80 \sqrt{19,78} = 356 \text{ Н} \quad (82)$$

Реакции от силы  $F_k$  (см. рис. 2):

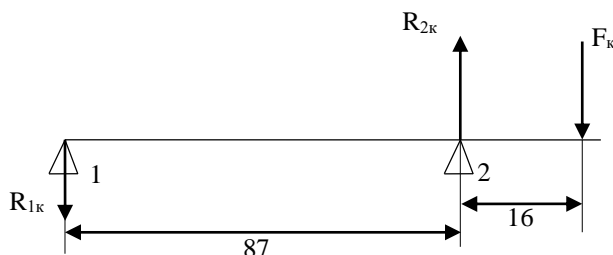


Рисунок 3 Реакции опор для подшипников быстроходного вала от консольных сил

$$\sum M_1 = 0; F_k(l - l_2) - R_{2k}l = 0, \quad (83)$$

$$R_{2k} = \frac{F_k(l - l_2)}{l} = \frac{356(87-16)}{87} = 291 \text{ Н} \quad (84)$$

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										21



$$\sum M_2 = 0; F_K l_2 - R_{1K} l = 0, \quad (85)$$

$$R_{1K} = \frac{F_K l_2}{l} = \frac{356 \cdot 16}{87} = 65 \text{ Н} \quad (86)$$

3. Реакции опор для расчета подшипников:

$$\begin{aligned} F_{r1 \max} &= R_1 + R_{1K} = 713 + 65 = 778 \text{ Н} \\ F_{r2 \max} &= R_2 + R_{2K} = 767 + 291 = 1058 \text{ Н} \end{aligned} \quad (87)$$

Внешняя осевая сила, действующая на вал,

$$F_{A \max} = F_a = 480 \text{ Н.}$$

4. Для типового режима нагружения коэффициент эквивалентности  $K_E = 0,63$ . Вычисляем эквивалентные нагрузки:

$$F_{r1} = K_E F_{r1 \max} = 0,63 \cdot 778 = 490 \text{ Н} \quad (88)$$

$$F_{r2} = K_E F_{r2 \max} = 0,63 \cdot 1058 = 667 \text{ Н} \quad (89)$$

$$F_A = K_E F_{A \max} = 0,63 \cdot 480 = 302 \text{ Н} \quad (90)$$

5. Предварительно назначаем шариковые радиальные подшипники легкой серии 205. Схема установки подшипников – враспор.

6. Для принятых подшипников находим:

$$C_r = 14000 \text{ Н,}$$

$$C_{0r} = 6950 \text{ Н,}$$

$$d = 25 \text{ мм,}$$

$$D = 52 \text{ мм,}$$

$$D_\omega = 7,938 \text{ мм,}$$

$$\alpha = 0^\circ.$$

7. Для радиальных шарикоподшипников из условия равновесия вала следует:

$$F_{a1} = 0,$$

$$F_{a2} = F_A = 302 \text{ Н.}$$

Дальнейший расчет выполняем для более нагруженного подшипника опоры 2.

8. Отношение

$$\frac{D_\omega \cos \alpha}{D_{p\omega}} = 0,2, \text{ где} \quad (91)$$

$$D_{p\omega} = 0,5(D + d) = 38,5 \text{ мм.} \quad (92)$$

Отсюда  $f_0 = 14$ .

Посчитаем коэффициент осевого нагружения:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			22

$$e = 0,28 \left( \frac{f_0 F_a}{C_{0r}} \right)^{0,23} = 0,25. \quad (93)$$

9. Отношение

$$\frac{F_a}{V F_r} = 0,453, \text{ где} \quad (94)$$

$V = 1$  при вращении внутреннего кольца.

Это отношение больше  $e$ . Тогда окончательно принимаем

$$X = 0,56;$$

$$Y = \frac{0,44}{e} = 1,76.$$

10.  $K_B$  – коэффициент динамичности нагрузки принимаем 1,4;

$K_T$  – температурный коэффициент принимаем 1. Считаем эквивалентную динамическую радиальную нагрузку:

$$P_r = (V X F_r + Y F_a) K_B K_T = 1250 \text{ Н.} \quad (95)$$

11. Для расчета ресурса подшипника принимаем:

$a_1$  – коэффициент надежности, равным 1;

$a_{23}$  – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств подшипника, равным 0,7;

$k$  – показатель степени для шариковых подшипников, равен 3.

$$L_{10ah} = a_1 a_{23} \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^k \frac{10^6}{60n} = 23584 \text{ ч.} \quad (96)$$

Расчетный ресурс больше требуемого.

12. Проверка выполнения условия  $P_{r \max} \leq 0,5 C_r$ . С этой целью выполним расчеты по пунктам 8-10 при наибольших значениях заданных сил переменного режима нагружения для подшипника более нагруженной опоры 2:

$$e = 0,28 \left( \frac{f_0 F_{A \max}}{C_{0r}} \right)^{0,23} = 0,278.$$

$$\frac{F_{A \max}}{V F_{r2 \max}} = 0,453,$$

Это отношение больше  $e$ . Тогда окончательно принимаем

$$X = 0,56;$$

$$Y = \frac{0,44}{e} = 1,76.$$

$$P_{r \max} = (V X F_{r \max} + Y F_{a \max}) K_B K_T = 2012 \text{ Н.}$$

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										23



Реакции от силы  $F_K$  (см. рис. 5):

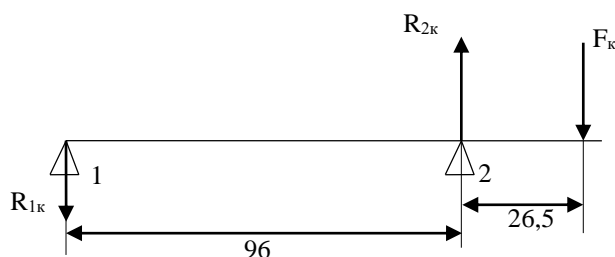


Рисунок 5 Реакции опор для подшипников тихоходного вала от консольных сил

$$R_{2K} = \frac{1296(96-26,5)}{96} = 938 \text{ Н}$$

$$R_{1K} = \frac{1296 \cdot 26,5}{96} = 358 \text{ Н}$$

3. Реакции опор для расчета подшипников (87):

$$F_{r1 \max} = 720 + 358 = 1078 \text{ Н}$$

$$F_{r2 \max} = 962 + 938 = 1900 \text{ Н}$$

Внешняя осевая сила, действующая на вал,

$$F_{A \max} = F_a = 480 \text{ Н.}$$

4. Для типового режима нагружения коэффициент эквивалентности  $K_E = 0,63$ . Вычисляем эквивалентные нагрузки (88-90):

$$F_{r1} = 0,63 \cdot 1078 = 679 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = 0,63 \cdot 1900 = 1197 \text{ Н}$$

$$F_A = 0,63 \cdot 480 = 302 \text{ Н}$$

5. Предварительно назначаем шариковые радиальные подшипники легкой серии 208. Схема установки подшипников – враспор.

6. Для принятых подшипников находим:

$$C_r = 32000 \text{ Н,}$$

$$C_{or} = 17800 \text{ Н,}$$

$$d = 40 \text{ мм, } D = 80 \text{ мм,}$$

$$D_o = 12,7 \text{ мм,}$$

$$\alpha = 0^\circ.$$

7. Для радиальных шарикоподшипников из условия равновесия вала следует:

$$F_{a1} = 0,$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ				25

$$F_{a2} = F_A = 302 \text{ Н.}$$

Дальнейший расчет выполняем для более нагруженного подшипника опоры 2.

8. Отношение

$$\frac{D_{\omega} \cos \alpha}{D_{p\omega}} = 0,2,$$

$$D_{p\omega} = 60 \text{ мм.}$$

$$\text{Отсюда } f_0 = 14.$$

Посчитаем коэффициент осевого нагружения (93):

$$e = 0,2$$

9. Отношение

$$\frac{F_a}{VF_r} = 0,4,$$

где  $V = 1$  при вращении внутреннего кольца.

Это отношение больше  $e$ . Тогда окончательно принимаем

$$X = 0,56;$$

$$Y = \frac{0,44}{e} = 2,2.$$

10.  $K_B$  – коэффициент динамичности нагрузки принимаем 1,4;

$K_T$  – температурный коэффициент принимаем 1. Считаем эквивалентную динамическую радиальную нагрузку:

$$P_r = 1878 \text{ Н}$$

11. Для расчета ресурса подшипника принимаем:

$a_1$  – коэффициент надежности, равным 1;

$a_{23}$  – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств подшипника, равным 0,7;

$k$  – показатель степени для шариковых подшипников, равен 3.

$$L_{10ah} = 467348 \text{ ч.}$$

Расчетный ресурс больше требуемого.

12. Проверка выполнения условия  $P_{r \max} \leq 0,5C_r$ . С этой целью выполним расчеты по пунктам 8-10 при наибольших значениях заданных сил переменного режима нагружения для подшипника более нагруженной опоры 2:

$$e = 0,224.$$

$$\frac{F_{A \max}}{VF_{r2 \max}} = 0,253,$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			26

Это отношение больше  $e$ . Тогда окончательно принимаем

$$X = 0,56;$$

$$Y = \frac{0,44}{e} = 2,2.$$

$$P_{r\max} = 2968 \text{ Н.}$$

Условие выполнено, следовательно, подшипник 208 пригоден для использования на выходном валу.

### 3. Разработка технологического процесса сборки узла

#### 3.1. Служебное назначение

Рассматриваемый узел представляет собой одноступенчатый цилиндрический редуктор с параллельными осями валов цилиндрической передачи, предназначенный для передачи крутящего момента с вала электродвигателя к исполняющему устройству ленточного транспортера.

#### 3.2. Выявление замыкающих звеньев и анализ технологических условий и норм точности

Основным параметром для назначения точности зубчатой передачи является допустимая окружная скорость колеса. Степень точности зубчатых передач назначаются по рекомендации из таблицы. Для цилиндрической прямозубой передачи назначаем степень точности 9-В ГОСТ 1643-81.

Для обеспечения нормальной работы редуктора при изготовлении деталей и сборки в целях обеспечения относительного положения деталей необходимо выполнить следующие требования к точности цилиндрической передачи по ГОСТ 1643-81:

1. Точность расстояния между осями делительных окружностей, при межосевом расстоянии  $a_w = 100$  мм, предельные отклонения межосевого расстояния передачи:  $f_a = \pm 70$  мкм;
2. Параллельность осей делительных окружностей. Допуск на параллельность осей на ширине колеса  $b = 40$  мм  $f_x = 28$  мкм;

#### 3.3. Выбор методов достижения точности

Выбор методов достижения точности при сборке и установлении допусков на размеры, расстояния и относительные расположения поверхностей и осей деталей узла (решение прямой задачи) произведем для четырех основных технических условий с помощью размерного анализа. Основные показатели точности узла.

Для цилиндрической передачи, состоящей из одной пары колёс, оси которых расположены в одной плоскости, необходимо рассчитать две цепи – А и α. Эти цепи являются связанными, так как имеют общие звенья. Расчёт

Изм.	Кол.	Лист	Нодок	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист
БР-15.03.05-2017.ПЗ									27

необходимо начинать с той цепи, у которой допуск замыкающего звена является наименьшим. Такой размерной цепью является цепь  $\alpha$ .

### 3.3.1. Размерная цепь $\alpha$ (рис. 6)

По ГОСТ 1643-81 допуск на отклонение от параллельности осей  $f_x$  устанавливается в зависимости от модуля, степени точности передачи и ширины колёс. Для модуля  $m = 1,5$ , передачи 9-й степени точности и ширине зубчатого венца  $b = 40$  мм, допуск на отклонение от параллельности  $f_x = 0,028/40/\text{мм}$ . Величину допуска удобнее пересчитать и отнести к размеру  $L = 148$  мм, т.е. к расстоянию между внешними стенками корпуса.

Тогда отклонение от параллельности осей на длине 148 мм составит:

$$f_{x(300)} = \frac{0,028 \cdot 148}{40} = 0,104 \text{ мм}.$$

Допуск замыкающего звена, отнесённый к длине  $L = 148$  мм,  $T_A = 0,104/148/\text{мм}$ .

Составляющими звеньями размерной цепи  $\alpha$  являются  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – смещение и поворот оси вала шестерни вследствие радиального биения подшипников 1 и 2;  $\alpha_3$  – отклонение от параллельности осей отверстий в корпусе;  $\alpha_4$  и  $\alpha_5$  – смещение и поворот оси вала колеса вследствие радиального биения подшипников 3 и 4.

Заданная точность замыкающего звена обеспечивается методом неполной взаимозаменяемости. Приведём размеры всех составляющих звеньев к одной базовой длине  $L = 148$  мм. Расстояние между подшипниками 3 и 4 = 110 мм, тогда передаточное отношение для звеньев  $\alpha_4$  и  $\alpha_5$  будет равно:

$$\xi_x = \frac{148}{110} = 1,3.$$

Между подшипниками 1 и 2 расстояние равно 107 мм, следовательно, передаточное отношение для звеньев  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  равно 1,4.

Радиальное биение подшипников 1 и 2 равно 0,015, а подшипников 3 и 4 – 0,02. Тогда  $T_{\alpha 1} = T_{\alpha 2} = 0,015$ ;  $T_{\alpha 4} = T_{\alpha 5} = 0,02$  мм.

Погрешность звеньев  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_4$  и  $\alpha_5$  имеют векторный характер. Так как векторные ошибки являются случайными величинами и при сборке изделия могут принять любое численное значение в пределах  $\pm T/2$ , то расчёт размерных цепей с векторными ошибками выполняется по вероятностному методу. Если размерная цепь состоит из звеньев со скалярными и векторными ошибками, то суммирование скалярных и векторных ошибок следует производить отдельно. Для этого случая допуск замыкающего звена:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			28

$$T_{\Delta} = \frac{t}{t_{\Delta} \cdot \sqrt{t_{\Delta}^2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_x} \lambda_i^2 T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 \lambda_{xi}^2 T_{xi}^2} \quad (97)$$

При коэффициенте риска брака  $t = 3$ :

$$T_{\Delta} = \frac{1}{K_{\Delta}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_x} K_i^2 T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2}, \text{ где} \quad (98)$$

$n = m - l$  – число звеньев размерной цепи;  
 $n_x$  – число звеньев с векторными ошибками;  
 $n - n_x$  – число звеньев со скалярными ошибками;  
 $K_i$  – коэффициент относительного рассеяния;  
 $K_{xi}$  – приведённый коэффициент относительного рассеяния;  
 $T_i$  – допуски звеньев со скалярными ошибками;  
 $T_{xi}$  – допуски звеньев с векторными ошибками;  
 $\xi_{xi}$  – передаточные отношения звеньев с векторными ошибками;  
 $\lambda_i, \lambda_{xi}$  – коэффициенты, характеризующие форму кривых рассеяния погрешностей составляющих звеньев.

В моём случае законы распределения погрешностей составляющих звеньев неизвестны, тогда я принимаю:

$$\begin{aligned} t &= 3; \\ \lambda_i^2 &= 1/6; \\ \lambda_{xi}^2 &= 1,15; \\ K_i &= 1,2; \\ K_{xi}^2 &= 0,5 \div 0,65. \end{aligned}$$

Если число звеньев размерной цепи  $n \geq 5$ , то  $K_{\Delta} = 1$  и  $\lambda_{\Delta}^2 = 1/9$ .

Для звеньев  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4$  и  $\alpha_5$ , погрешности которых имеют векторный характер, примем  $K_{xi}^2 = 0,6$ . Погрешность звена  $\alpha_3$  носит скалярный характер, значит для него  $K_i = 1,2$ . Так как в данной размерной цепи неизвестным является лишь допуск на размер  $\alpha_3$ , то определить его можно из уравнения:

$$\begin{aligned} T_{\alpha 3} &= \frac{1}{K_3} \cdot \sqrt{K_{\Delta}^2 T_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2} = \\ &= \frac{1}{1,2} \cdot \sqrt{0,104^2 - 4 \cdot 0,6 \cdot (1,3^2 + 1,4^2) \cdot (0,015^2 + 0,02^2)} = 0,06 \end{aligned} \quad (99)$$

Следовательно,  $T_{\alpha 3} = 0,06/148$  мм/мм.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			29



### 3.3.2. Размерная цепь А (рис. 6)

Она определяет точность расстояния между осями делительных окружностей ГОСТ 1643-81: для сопряжения В и межцентрового расстояния 100 мм, допускаемые отклонения межосевого расстояния:  $f_a = \pm 70$  мкм.

Следовательно, замыкающее звено размерной цепи А имеет следующие характеристики:  $A_{\Delta} = 100 \pm 0,07$  мм;  $T_{\Delta} = 0,14$  мм и  $\Delta_{0\Delta} = 0$ .

Составляющими звеньями размерной цепи А являются:  $A_1$  и  $A_2$  — смещение и поворот оси вала-шестерни вследствие радиального биения подшипников 1 и 2;  $A_3$  — расстояние между осями отверстий в корпусе;  $A_4$  и  $A_5$  — смещение и поворот оси выходного вала вследствие радиального биения подшипников 3 и 4.

Номинальный размер звена  $A_3 = 100$  мм. Погрешность этого звена носит скалярный характер. Погрешность звеньев  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_4$  и  $A_5$  имеет векторный характер.

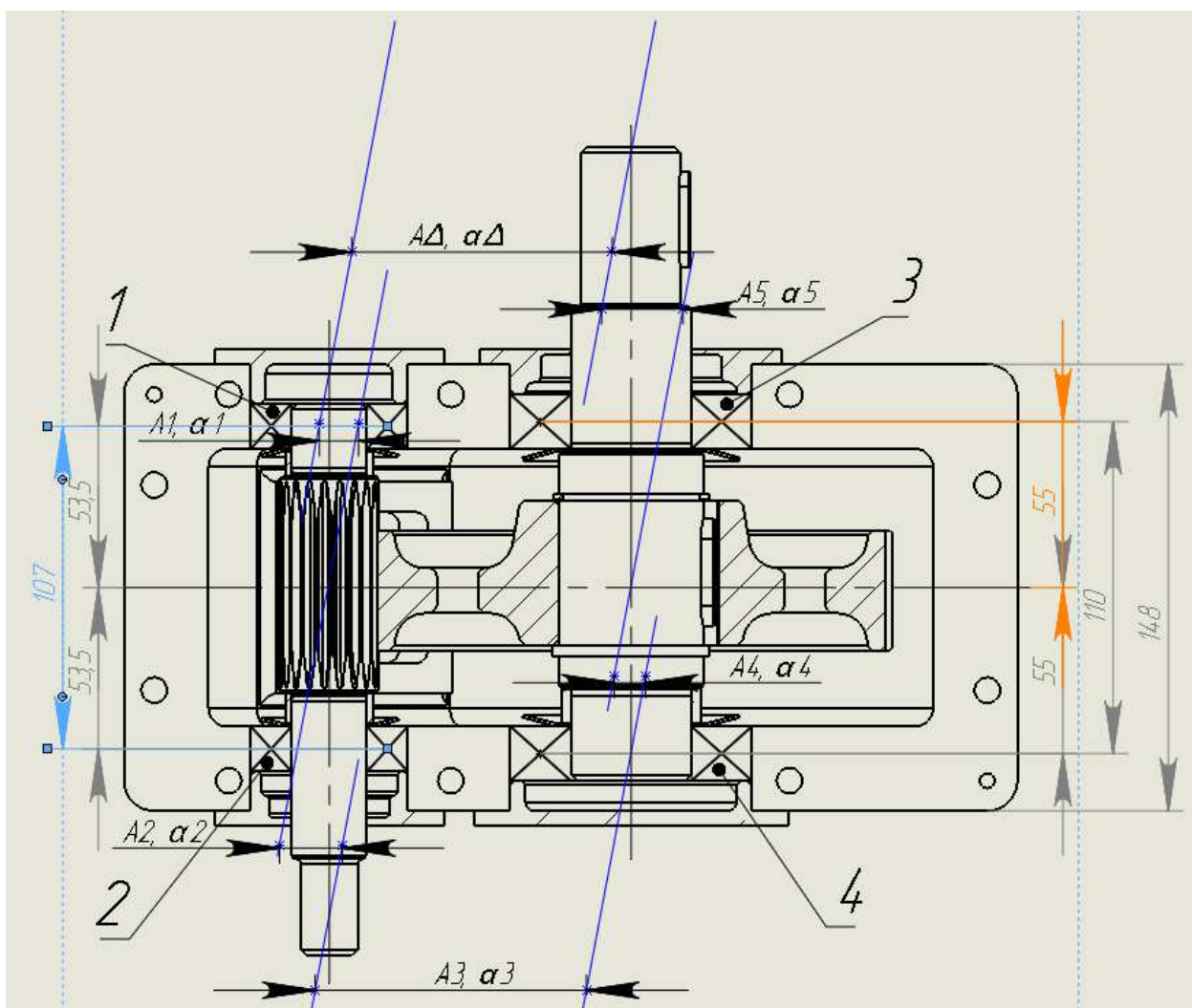


Рисунок 6 Размерная цепь А и α

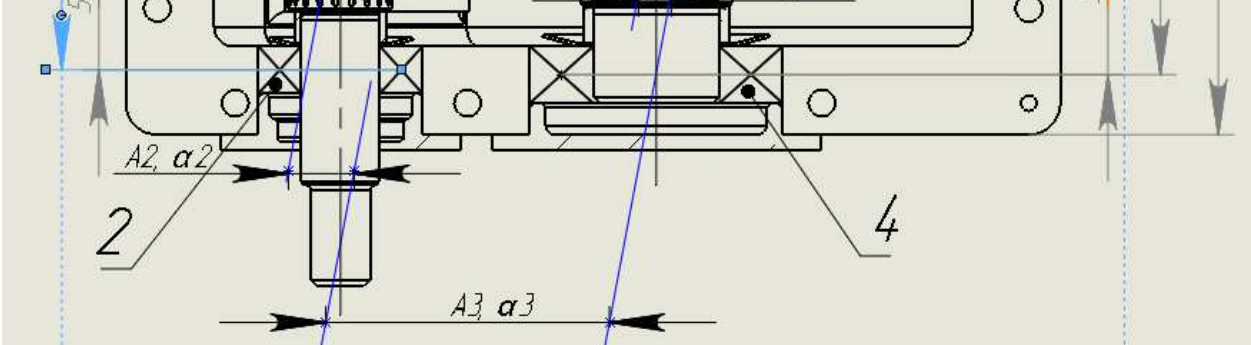
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №				

Рисунок 6 Размерная цепь А и α

						<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>	Лист
							30
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Так как межцентровое расстояние определяется по среднему сечению зубчатых колёс, то для звеньев с векторными ошибками необходимо вычислить передаточные отношения для этого сечения.

Расстояние от подшипников 1 и 2 до оси сечения – 53,5 мм, от подшипников 3 и 4 - 55 мм, тогда передаточное отношение для звеньев  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_4$  и  $A_5$ :

$$\xi_{x1} = 53,5/100 = 0,535$$

$$\xi_{x2} = 55/100 = 0,55$$

Радиальное биение выбранных подшипников равно 0,015 мм и 0,02 мм.

Следовательно,  $T_{A1} = T_{A2} = 0,015$  мм;  $T_{A4} = T_{A5} = 0,02$  мм. Так как в данной размерной цепи неизвестным является только допуск на размер  $A_3$ , то задача сводится к определению  $T_{A3}$ . Примем  $K_{xi}^2 = 0,6$ ;  $K_3 = 1,2$  (99):

$$T_{A3} = \frac{1}{K_3} \cdot \sqrt{K_{\Delta}^2 T_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2} =$$

$$= \frac{1}{1,2} \cdot \sqrt{0,14^2 - 4 \cdot 0,6 \cdot (0,535^2 + 0,55^2) \cdot (0,015^2 + 0,02^2)} = 0,114$$

Так как координаты середин полей для звеньев с векторными ошибками  $\Delta_{0\Delta} = 0$ , то и  $\Delta_{03} = 0$ , поэтому расстояние между осями отверстий в корпусе:

$$A_3 = 100 \pm 0,057 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов допусков размерной цепи А приведены в таблице 8.

Таблица 8 Размерная цепь А

Звено размерной цепи	Наименование звена	Номинальный размер	Допускаемые предельные отклонения	Допуск	Координата середины поля допуска	Примечание (ГОСТ, нормаль, метод и вид обработки, класс точности)
$A_{\Delta}$	Расстояние между осями делительных окружностей	100	+0,07 -0,07	0,14	0	ГОСТ 1643-81
$A_1, A_2$	Радиальное биение подшипника $\varnothing 25$ мм	25	+0,0075 -0,0075	0,015	0	ГОСТ 520 - 89
$A_4, A_5$	Радиальное биение подшипника $\varnothing 40$ мм	40	+0,01 -0,01	0,02	0	ГОСТ 520-89
$A_3$	Расстояние между осями отверстий в корпусе	100	+0,057 -0,057	0,114	0	Черновое, чистовое и тонкое растачивание

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
			БР-15.03.05-2017.ПЗ						31
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата				

### 3.4. Анализ технологичности конструкции изделия

Технологичность - это совокупность свойств изделия, определяющих соответствие конструкции изделия к достижению оптимальных затрат ресурсов при его производстве.

Оценим конструкцию узла по ряду признаков с учетом требований стандарта по ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.205-83, а также в соответствии с рекомендациями. Дадим качественную оценку соответствия конструкции следующим требованиям:

Требования к составу:

1. Редуктор является технологичным т.е. он состоит из самостоятельных комплектов, которые после своей сборки поступают на общую сборку узла-редуктора.

2. При компоновке изделия используются стандартные изделия, такие как подшипники, болты, винты, шпонки, манжеты и т.п.

3. В данном редукторе при конструировании были предусмотрены необходимые элементы для того, чтобы его можно было удобно транспортировать и устанавливать. Это такие элементы, как :

- Крепежные отверстия во фланцах
- Приливы на корпусе редуктора.

4. У всех сборочных единиц изделия предусмотрена базовая деталь т.е. у всех комплектов, подузлов и узлов имеются конкретно выраженные базовые детали.

5. При конструировании был предусмотрен тот факт, что при общей сборке не будет необходимости производить дополнительные обработки поверхностей или промежуточных разборок, а при необходимости можно было легко заменить детали. Уровень масла проверяется щупом.

Требования конструкции соединений составных частей

1. При разработке редуктора было предусмотрено оптимальное количество сопряжений и мест соединений.

2. При сборке не должно возникать проблем с доступностью для механизации сборки т.к. все крепежные отверстия и плоскости разъёма расположены в удобных местах для того, чтобы сборщик смог воспользоваться необходимым инструментом при сборе.

3. Так же при сборке не будет необходимости обрабатывать какую-либо из плоскостей или поверхностей, что не будет влиять на поточность производства.

4. При выборе переходных посадок учитывали степень точности изделий. Например: степень точности подшипников.

5. В данном редукторе присутствует комплект основных и вспомогательных баз, определяющих точное место редуктора и собираемых в нем деталей и сборочных единиц изделия. Все детали имеют комплект основных и вспомогательных баз.

Требования к точности и методу сборки

1. В данном редукторе были предусмотрены такие элементы как:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			32

- Дистанционные втулки;
- Шпонки;
- Штифты и др.

2. Также имеются фиксирующие элементы и предусмотренные под них технологические отверстия.

3. Имеются компенсирующие элементы в виде наборов прокладок, уплотнительные элементы для герметичности изделия.

Вывод: После анализа редуктора было обнаружено, что при разработке не было предусмотрено переходных посадок зубчатых колес на вал, поэтому мной было предложено проставить посадки с сопряжением Н7/к6.

### 3.5. Методы и схемы контроля сборочного изделия

1) Контроль гарантированного бокового зазора для цилиндрической передачи ГОСТ 1673–81. Контроль производится щупом или свинцовыми пластинами.

2) Контроль осевой игры подшипников (рисунок 2). Необходимое радиальное биение подшипников обеспечивается методом регулирования. Измерение осевого биения выполняют при неподвижном корпусе узла измерительной головкой 2ИГ ГОСТ 18833–73 (цена деления 0,002 мм, диапазон измерения 0,1 мм, допустимая погрешность 0,0012 мм) установкой на стойке с упором ее наконечника в торец вала или зубчатого колеса, перемещая вал в осевом направлении.

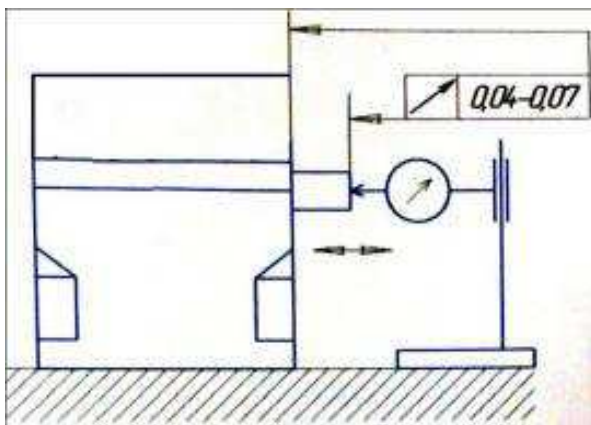


Рисунок 7 Схема контроля радиального биения исполнительной поверхности выходного вала

3) Контроль суммарного пятна контакта в цилиндрической передаче (по высоте зуба не менее 40%, а по длине зуба не менее 50%) ГОСТ 1643–81. Контроль пятна контакта производится по краске.

### 3.6. Разработка технологического процесса сборки

Конструкция механизма имеет несколько сборочных узлов, которые возможно собирать независимо друг от друга, поэтому возможна узловая сборка

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

33

изделия. Но невозможно одновременное присоединение нескольких узлов к базовому элементу из-за его конструкции.

При последовательном соединении возможна механизация процесса сборки.

При сборке редуктора доступ инструментов к деталям свободный. Большинство крепежных изделий – стандартные, что позволяет применять простой инструмент.

В данном изделии основным базовым элементом является корпус, к которому присоединятся все детали и узлы.

Технологическая схема сборки показывает, в какой последовательности необходимо присоединять и закреплять друг к другу элементы, из которых собирается изделие. Такими элементами являются детали, комплекты, узлы, подузлы и сборочные единицы.

Под деталью при составлении сборки понимают первичный элемент изделия (базовая деталь), характерным признаком которого является отсутствие в нем разъемных и неразъемных соединений. Сборочная же единица представляет собой элемент изделия, состоящий из двух или более деталей, соединенных в одно целое, не распадающееся при перемене положения в узле или подузле. Характерным отличительным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки независимо от других элементов изделия.

Для составления технологической схемы сборки все сборочные единицы, входящие в изделие условно разделим на группы и подгруппы. Группой будем считать сборочную единицу, входящую в изделие.

Технологическую схему сборки составляем на основе сборочного чертежа изделия, которая показывает, в какой последовательности необходимо присоединять друг к другу элементы, из которых состоит изделие.

Каждый элемент изделия будем изображать в виде прямоугольника, разделенного на три части. В его верхней части дается наименование изделия, в левой нижней части указываем числовой индекс, соответствующий номеру данного элемента на сборочном чертеже и согласно принятой спецификации, в правой нижней части количество присоединяемых элементов.

Порядок составления технологической схемы сборки начинаем с назначения базового элемента. Базовым элементом назовем деталь, с которой начинаем сборку изделия.

При определении последовательности сборки заранее анализируем сборочные размерные цепи. Если изделие имеет несколько размерных цепей, то сборку следует начинать с наиболее сложной и ответственной размерной цепи.

Для более ясного представления о порядке составления технологической схемы сборки указываем необходимые технические требования на сборку. Под техническими требованиями понимаем разные надписи – сноски, поясняющие характер выполнения сборочных работ, когда они не ясны из схемы.

Такой алгоритм составления технологической схемы сборки облегчает последующее проектирование технологического процесса сборки, позволяет оценить технологичность конструкции изделия с точки зрения возможности

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			34

расчленения сборки на общую и узловую и гарантирует от пропуска деталей, входящих в изделие.

### 3.7. Проектирование технологических операций

#### 3.7.1. Выявление видов работ выполненных при сборке изделия

1.1 Степень точности собираемого изделия должна быть обеспечена за счет правильной и точной сборки изделия .

1.2 При конструировании данного редуктора в его конструкцию были заложены следующие методы достижения точности:

- Метод неполной взаимозаменяемости;
- Метод полной взаимозаменяемости;
- Метод регулирования;
- Метод пригонки.

1.3 Так же были приняты технологические методы соединения (напрессовка подшипников, шпоночные соединения, болтовые соединения и.т.п.). Данные элементы собираются в сборку с помощью специального оборудования, такого, как пресс, механический гайковерт и т.п.

1.4 По целевому назначению выполняемые при сборке работы можно разделить на следующие группы:

а) Механическая обработка в силу того, что производство серийное, в процессе сборки не производится;

б) Распаковка, освобождение от консервации, промывка, продувка, смазка, осмотр;

в) Изготовление простых деталей при сборке недопустимо;

г) Выполнение соединений комплектов и подузлов производится на отдельном рабочем месте всеми доступными технологическими способами. Работа по выполнению соединения представляет собой сборочный переход. Он состоит из основного приёма, во время которого изменяется состояния объекта производства (т.е. осуществляется соединение) и вспомогательных: таких, как осмотр, промывка, продувка, установка в приспособление.

д) Так же будут проводится работы по регулированию вала-шестерни, путем добавления набора прокладок с последующей частичной сборкой установки компенсатора.

е) Работа по проверке правильности выполнения соединений деталей и узлов в процессе сборке. Свободное вращение валов; радиальное и торцевое биение шестерни, напрессованной на вал; боковой зазор и пятно контакта зубьев у собранных шестерён.

#### 3.7.2. Составления перечня работ и их нормирование (таб.9)

Нормативы времени принимаем по рекомендациям.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										35

Таблица 9 Нормативы времени на сборку редуктора

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, мин.
1	2	3
<b>Сборка 1. Подузел «Вал тихоходный в сборе»</b>		
1	Осмотреть вал 16	0,1
2	Установить вал 16 на призмы	0,2
3	Обдуть сжатым воздухом паз	0,1
4	Запрессовать шпонку 55	0,42
5	Снять вал 16 с призм	0,1
6	Переместить на следующую позицию	0,05
7	Установить вал 16 в приспособление	0,2
8	Осмотреть колесо 8	0,1
9	Смазать колесо 8 машинным маслом	0,11
10	Напрессовать колесо 8 на вал 16	1,08
11	Снять вал 16 в сборе	0,1
12	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
13	Переустановить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
14	Осмотреть кольцо 41	0,1
15	Смазать кольцо 41 машинным маслом	0,1
16	Установить кольцо 41 на вал 16 в сборе	0,34
17	Осмотреть втулку 2	0,1
18	Смазать втулку 2 машинным маслом	0,1
19	Установить втулку 2 на вал 16 в сборе	0,34
20	Снять вал 16 в сборе	0,1
21	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
22	Установить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
23	Промыть вал 16 в сборе	0,5
24	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
25	Посушить вал 16 в сборе	0,14
26	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
27	Установить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
28	Освободить от упаковки подшипник 45, наружный Ø80 мм	0,08
29	Смазать подшипник 45 индустриальным маслом	0,09
30	Напрессовать подшипник 45 на вал 16 в сборе, длина запресовки 45 мм	1,2
31	Снять вал 16 в сборе	0,08
32	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
33	Установить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
34	Осмотреть втулку 3	0,1
35	Смазать втулку 3 машинным маслом	0,1
36	Установить втулку 3 на вал 16 в сборе	0,34
37	Снять вал 16 в сборе	0,1
38	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
39	Установить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
40	Промыть вал 16 в сборе	0,5
41	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
42	Посушить вал 16 в сборе	0,14
43	Переместить вал 16 в сборе на следующую позицию	0,05
44	Установить вал 16 в сборе в приспособлении	0,2
45	Освободить от упаковки подшипник 36, наружный Ø80 мм.	0,08
46	Смазать подшипник 45 индустриальным маслом	0,15
47	Напрессовать подшипник 45 на вал 16 в сборе, длина запресовки 14 мм	1,2
48	Снять вал 16 в сборе	0,1
49	Переместить комплект 1 вал тихоходный в сборе на общую сборку	0,05
<b>Итого:</b>		<b>9,84</b>
<b>Сборка 2. Подузел «Вал-шестерня в сборе»</b>		
50	Осмотреть вал 15	0,1
51	Установить вал 15 на призмы	0,2
52	Осмотреть втулку 4	0,1

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			36

1	2	3
53	Смазать втулку 4 машинным маслом	0,1
54	Установить втулку 4 на вал 15 в сборе	0,34
55	Снять вал 15 в сборе	0,1
56	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
57	Установить вал 15 в сборе в приспособлении	0,2
58	Промыть вал 15 в сборе	0,5
59	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
60	Посушить вал 15 в сборе	0,14
61	Осмотреть кольцо маслоъемное 6	0,1
62	Установить кольцо маслоъемное 6 на вал 15 в сборе	0,34
63	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
64	Установить вал 15 в сборе в приспособлении	0,2
65	Освободить от упаковки подшипник 44, наружный Ø52 мм.	0,08
66	Напрессовать подшипник 44 на вал 15 в сборе, длина запресовки 41 мм	1,2
67	Переустановить вал 15 в сборе в приспособлении	0,2
68	Осмотреть втулку 5	0,1
69	Смазать втулку 5 машинным маслом	0,09
70	Установить втулку 5 на вал 15 в сборе	0,24
71	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
72	Установить вал 15 в сборе в приспособлении	0,2
73	Промыть вал 15 в сборе	0,5
74	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
75	Посушить вал 15 в сборе	0,14
76	Осмотреть кольцо маслоъемное 6	0,1
77	Установить кольцо маслоъемное 6 на вал 15 в сборе	0,34
78	Переместить вал 15 в сборе на следующую позицию	0,05
79	Установить вал 15 в сборе в приспособлении	0,2
80	Освободить от упаковки подшипник 44, наружный Ø52 мм.	0,08
81	Смазать подшипник 44 индустриальным маслом	0,09
82	Напрессовать подшипник 44 на вал 15 в сборе, длина запресовки 12 мм	1,2
83	Снять вал 15 в сборе	0,1
84	Переместить комплект 2 вал-шестерня в сборе на общую сборку	0,05
<b>Итого:</b>		<b>7,27</b>
<b>Сборка 3. Комплект «Крышка корпуса в сборе»</b>		
85	Осмотреть крышку корпуса 13	0,21
86	Установить крышку корпуса 13 в приспособление	0,2
87	Обдуть сжатым воздухом крышку корпуса 13	0,32
88	Установить прокладку 22 на крышку корпуса 13	0,08
89	Осмотреть крышку 7	0,07
90	Установить болт 46 в отверстие крышки 7	0,07
91	Установить шайбы 49, 53 на болт 46	0,07
92	Установить гайку 40 на болт 46 и закрутить	0,1
93	Установить крышку 7 на крышку корпуса 13	0,1
94	Установить шайбы 47 на болты 37	0,28
95	Установить шайбы пружинные 51 на болты 37	0,28
96	Закрутить болты 37 в крышку 7 и крышку корпуса 13	0,4
97	Снять крышку корпуса 13 в сборе	0,1
98	Переместить комплект 3 крышка корпуса в сборе на общую сборку	0,05
<b>Итого:</b>		<b>2,33</b>
<b>Сборка 4. Комплект «Крышка подшипника 4»</b>		
99	Осмотреть крышку подшипника 12 перед установкой манжеты 42, Ø 25мм.	0,07
100	Протереть внутреннюю поверхность крышки 12, для установки манжеты 42 и поверхности сопряжения крышки с корпусом.	0,13
101	Освободить от упаковки манжету 42, внутренний Ø25 мм.	0,08
102	Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую 42, в крышку 12.	0,25
103	Переместить комплект 4 крышка подшипника в сборе на общую сборку	0,05
<b>Итого:</b>		<b>0,58</b>

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

37

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата



1	2	3
<b>Сборка 5. Комплект «крышка подшипника 5»</b>		
104	Осмотреть крышку подшипника 11, перед установкой манжеты 43, Ø 40мм.	0,07
105	Протереть внутреннюю поверхность крышки 11, для установки манжеты 43 и поверхности сопряжения крышки с корпусом.	0,13
106	Освободить от упаковки манжету 43, Ø 40 мм.	0,08
107	Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую 43, в крышку 11.	0,25
108	Переместить комплект 5 крышка подшипника в сборе на общую сборку	0,05
<b>Итого:</b>		<b>0,58</b>
<b>Сборка 6. Узел «редуктор в сборе»</b>		
109	Осмотреть корпус 14 со всех сторон	0,19
110	Установить корпус 14 в приспособление	0,36
111	Протереть установочные поверхности корпуса 14	0,1
112	Установить подузел вал тихоходный в сборе 1 в корпус 14	0,12
113	Регулировать осевой зазор подшипников путем установки компенсирующих колец	4,5
114	Установить подузел вал-шестерня в сборе 2 в корпус 14	0,12
115	Ввернуть штифты 56 предварительно в корпус в сборе	0,48
116	Установить прокладки 17, 18, 19 на корпус в сборе	0,5
117	Установить крышку корпуса 3 на штифты 47	0,12
118	Установить шайбы 53, 49 на болты 35	0,45
119	Установить болты 35	1,21
120	Установить шайбы 53, 49 на болты 36	0,7
121	Установить болты 36	0,7
122	Накинуть гайки 40 на болты 35, 36	0,7
123	Закрутить гайки 40 на болты 35, 36	1
124	Установить прокладку 20 в корпус в сборе	0,02
125	Установить крышку подшипника в сборе 4 в корпус в сборе	0,1
126	Установить шайбы 48 на болты 38	0,28
127	Установить шайбы пружинные 52 на болты 38	0,28
128	Закрутить болты 38 в крышку подшипника и в корпус в сборе	0,4
129	Установить прокладку 21 в корпус в сборе	0,03
130	Установить крышку подшипника в сборе 5 в корпус в сборе	0,02
131	Установить шайбы 48 на болты 38	0,28
132	Установить шайбы пружинные 52 на болты 38	0,28
133	Закрутить болты 38 в крышку подшипника и в корпус в сборе	0,4
134	Установить прокладку 20 в корпус в сборе	0,03
135	Установить крышку подшипника 9 в корпус в сборе	0,02
136	Установить шайбы 48 на болты 38	0,28
137	Установить шайбы пружинные 52 на болты 38	0,28
138	Закрутить болты 38 в крышку подшипника и в корпус в сборе	0,4
139	Установить прокладку 21 в корпус в сборе	0,03
140	Установить крышку подшипника 10 в корпус в сборе	0,02
141	Установить шайбы 48 на болты 38	0,28
142	Установить шайбы пружинные 52 на болты 38	0,28
143	Закрутить болты 38 в крышку подшипника и в корпус в сборе	0,4
144	Установить прокладку 24 на сливное отверстие корпуса	0,04
145	Закрутить болт 39 в корпус	0,05
146	Установить прокладку 23 в отверстие для шупа	0,04
147	Установить шуп 1 в корпус	0,09
<b>Итого:</b>		<b>15,31</b>
<b>Итого на сборку:</b>		<b>35,91</b>

Для проектируемой программы, номинальный такт выпуска для слесарно-сборочного производства:

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			38

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} = \frac{60 \cdot 3625}{3000} = 72,5 \text{ мин, где} \quad (100)$$

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени при 40-часовой неделе и 12-ти праздничных днях в году, для рабочих мест с механизированными приспособлениями и двухсменным режимом работы – 3625 ч.

Все технологические приемы и переходы объединяем в одну сборочную операцию, так как общее время на все работы близко такту выпуска.

Определим количество рабочих-сборщиков необходимых для выполнения заданной программы по формуле:

$$P = \frac{T_p - T_c}{(t_{\text{в}} - t_{\text{п}}) \cdot p} = \frac{35,91}{72,5} = 0,5, \text{ где} \quad (101)$$

$T_p = 35,91$  мин – расчетная суммарная трудоемкость всех переходов сборки (см. таб. 9);

$T_c$  – расчетная трудоемкость совмещенных во времени переходов, принимаем  $T_c = 0$ ;

$t_{\text{в}}$  – номинальный такт выпуска;

$t_{\text{п}}$  – расчетное время перемещения собираемого объекта с одного рабочего места на другое, принимаем  $t_{\text{п}} = 0$ ;

$p$  – количество параллельных потоков, необходимых для выполнения заданной производственной программы, принимаем один поток  $p = 1$ .

Следовательно, для выполнения всех видов работ достаточно одного рабочего-сборщика.

Штучное время сборочной операции, определяется по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \left( 1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right), \text{ где} \quad (102)$$

$T_{\text{оп}}$  – оперативное время;

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – время технического обслуживания, организационного обслуживания и время перерывов на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени.

Оперативное время складывается из двух составляющих:

- $\Sigma T_{\text{в}}$  – сумма вспомогательного времени на работы, входящие в операцию и не являющиеся сборочными переходами;
- $\Sigma T'_{\text{оп}}$  – сумма оперативного времени на выполнение сборочных и слесарных переходов, входящих в операцию.

При нормировании сборочных работ время технического обслуживания принимают равным нулю ( $\alpha = 0$ ); долю времени на обслуживание рабочего места, примем  $\beta = 5\%$ ; долю времени на отдых и личные надобности, примем  $\gamma = 6\%$ .

Определим штучное время сборочной операции:

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

$$T_{шт} = 35,91 \cdot \left(1 + \frac{5+6}{100}\right) = 39,9 \text{ мин.}$$

При продолжительности слесарно-сборочной операции, близкой такту выпуска, принимаем непоточно-стационарную сборку. Это характерно для технологически замкнутых участков, выпускающих изделия объединенных в группы по однородности служебного назначения. При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью. Для обеспечения равномерного выпуска изделий в течение года, определим размер партии собираемых узлов в месяц:

$$П_{мес} = П/12 = 3000/12 = 250 \text{ шт/мес.} \quad (103)$$

Определим штучно-калькуляционное время на сборочную операцию, учитывающее подготовительно-заключительное время, необходимое на подготовку сборочных работ для партии:

$$T_{шт-к.i} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.i}, \text{ где} \quad (104)$$

$T_{п.з.}$  – подготовительно заключительное время, принимаем 4% от оперативного времени;

$n$  – количество собираемых узлов в партии.

Штучно-калькуляционное время для сборочной операции, составит:

$$T_{шт-к} = \frac{39,9 \cdot 0,04}{250} + 39,9 = 40 \text{ мин.}$$

Полученное штучно-калькуляционное время, на выполнение сборочной операции меньше номинального такта выпуска, следовательно, назначенные нормы времени не требуют корректировки и приемлемы для сборки узла.

Построения циклограммы сборки не требуется, так как все технологические приемы и переходы, выполняются последовательно одним сборщиком.

### 3.8. Определение состава оборудования, рабочих мест и числа работающих

Расчет числа единиц оборудования, рабочих мест и состава работающих проведем на основании данных, полученных в предыдущем подразделе.

Для выполнения данной программы выпуска при двухсменном режиме работы предприятия необходимо 2 сборщика – по одному на каждую смену. Так как сборка непоточно-стационарная, то для сборки узла и контроля требуемых параметров точности число сборочных стандов, принимаем равным 1.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист

### 3.9. Планировка участка сборки

Планировку участка сборки разрабатываем в соответствии с принятой формой организации производства. На сборочном участке для непоточно-стационарной сборки необходимо предусмотреть:

1. Стенд для общей сборки изделия, который также должен использоваться в качестве стенда для регулировки и контроля требуемых норм точности;
2. Верстак для сборки подузлов и комплектов;
3. Гидравлический пресс, для сборки соединений с натягом;
4. Емкость для промывки деталей, с сеткой;
5. Столы и стеллажи для хранения и поступления комплектующих деталей и сборочных единиц, ожидающих сборки.
6. Столы или стеллажи под регулировочные приспособления и измерительные приборы и инструменты.
7. Кран-балка, управляемая с пола, для перемещения крупногабаритных и (или) тяжелых предметов (детали, сборочные единицы, собранные узлы и т.д.);
8. Транспортная платформа, для транспортировки собранных изделий и узлов со сборочного участка на склад;
9. Предусмотреть подвесное оборудование (гайковерт, винтоверт, подвод воздуха) в рабочей зоне сборщика, для механизации сборочных работ.

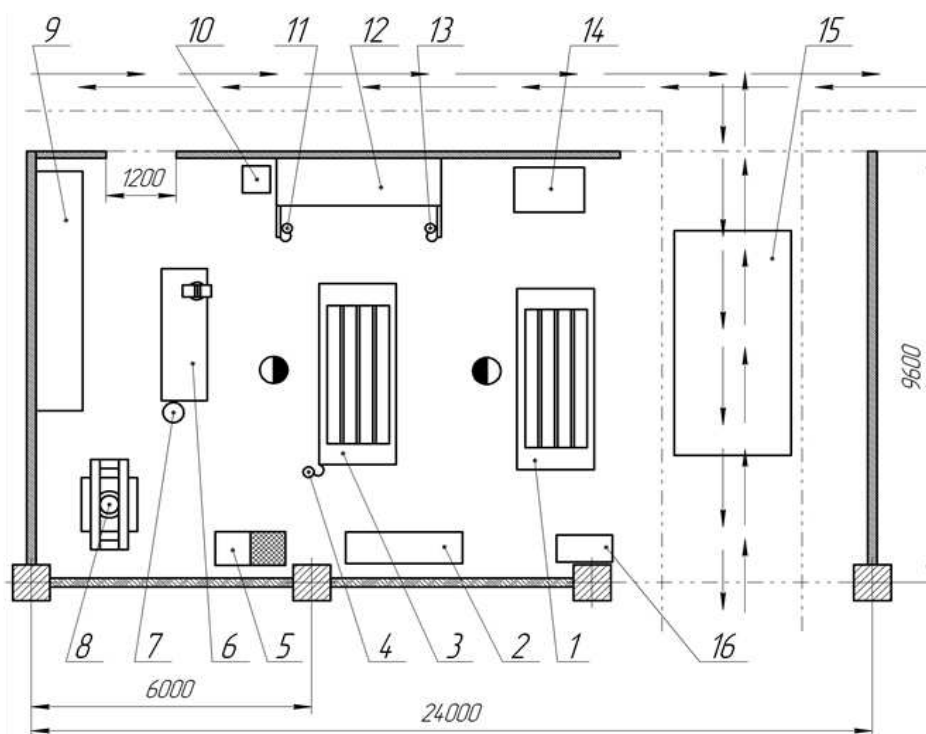


Рисунок 8 Планировка слесарно-сборочного участка

- 1 – стенд для испытаний и контроля собранного узла;
- 2 – шкаф для стандартных крепежных элементов;
- 3 – сборочный стенд с пневмооборудованием;
- 4 – пневмопистолет для удаления стружки и пыли сжатым воздухом;
- 5 – ванна для промывки деталей перед сборкой с сеткой для сушки;

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										41

- 6 – верстак слесарный с тисками ручными;
- 7 – емкость с консистентной смазкой;
- 8 – гидравлический пресс;
- 9 – стеллаж для деталей и стандартных комплектов;
- 10 – емкость с маслом;
- 11 – подвеска с пневматическим гайковертом;
- 12 – стеллаж для инструмента, мерительных приборов и приспособлений;
- 13 – подвеска с пневматическим винтовертом;
- 14 – контейнер для мусора;
- 15 – транспортная платформа для готовых изделий;
- 16 – контейнер с песком.

Для обеспечения требований техники безопасности и охраны труда необходимо предусмотреть проходы между столами верстаками и другим оборудованием, не менее 800 мм и проходы на территорию сборочного участка: для транспортных средств – 3000 мм и для персонала – 1200 мм.

План участка сборки представлен на рисунке 8.

## 4. Проектирование технологического процесса механической обработки

### 4.1. Служебное назначение

Служебное назначение корпуса цилиндрического редуктора заключается в обеспечении точности положения параллельных осей валов цилиндрической поверхности и передачи.

В рассматриваемом узле корпус цилиндрического редуктора является базовой деталью, в который входят крепежные элементы, подузлы и комплекты.

### 4.2. Технические условия

С целью назначения технических условий на изготовление корпуса выявляем функции поверхностей (рис.9) и строим граф-связи между поверхностями (рис. 10)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ				42

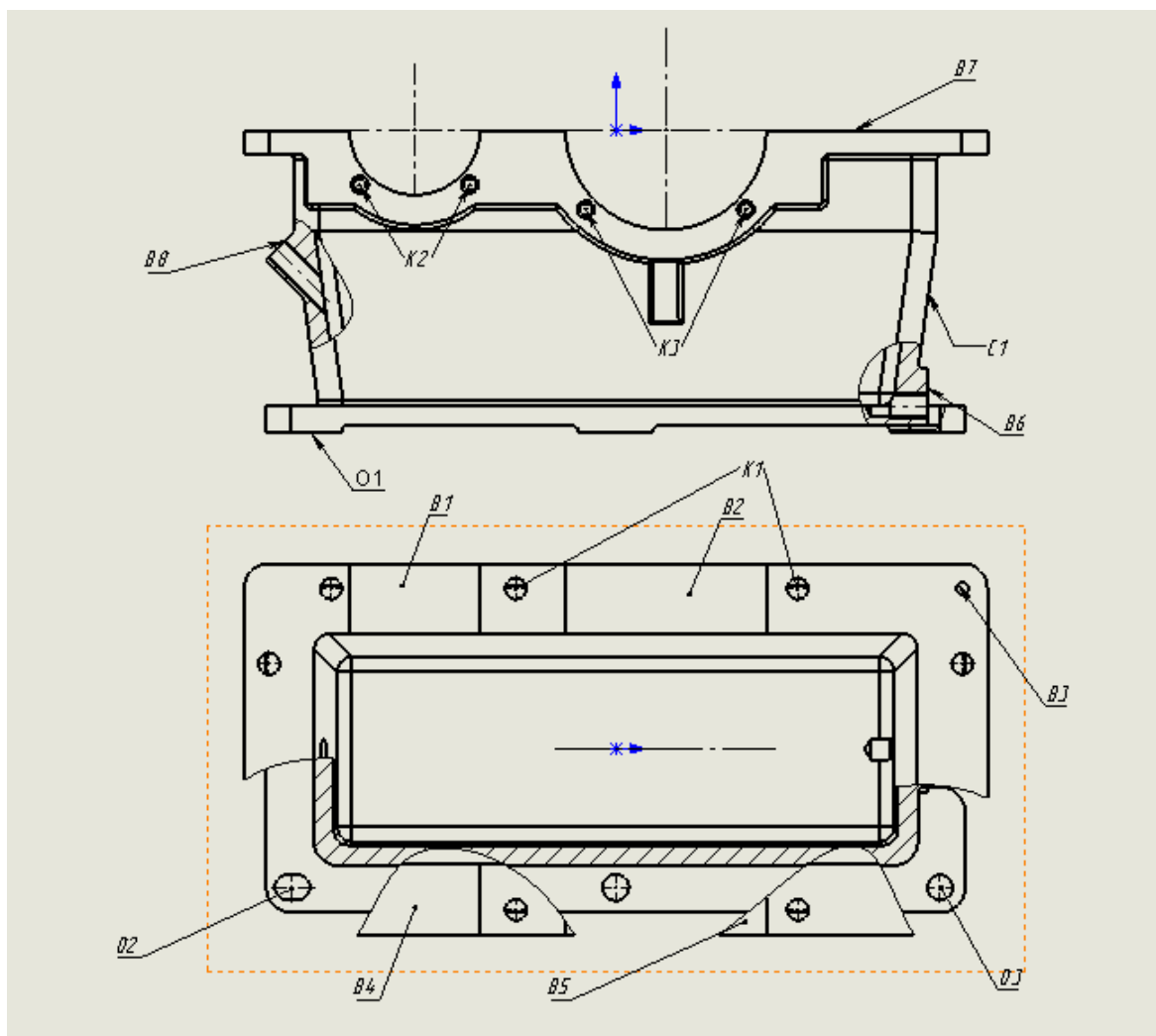


Рисунок 9 Функции поверхности корпуса

где О - основные поверхности корпуса,  
В - вспомогательные поверхности корпуса,  
К - крепёжные поверхности,  
С - свободные поверхности.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №				
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Лист
						43

БР-15.03.05-2017.ПЗ



Ra = 2,5 мкм, выдерживая размер 296 мм и обеспечивая допуск на размер T = 0,07 мм.

5. Обеспечить допуск параллельности осей отверстия Ø52H7(+0,025) и Ø80H7(+0,025) T = 0,016 мм;

6. Обеспечить межосевое расстояние между осями отверстий Ø52H7(+0,025) и Ø80H7(+0,025) T = 0,016 мм;

7. Обеспечить перпендикулярность торца относительно оси отверстия Ø52H7(+0,025) T = 0,01 мм;

8. Обеспечить перпендикулярность торца относительно оси отверстия Ø80H7(+0,025) T = 0,01 мм.

### 4.3. Анализ технологичности основания корпуса

Из анализа технологичности основания корпуса следует:

1. В качестве материала для производства основания корпуса используется чугун СЧ15 ГОСТ 1412–79, имеющий хорошие литейные свойства. Это позволяет использовать в качестве заготовки – отливку;

2. Конструкция основания корпуса предусматривает возможность получения заготовки литьем;

3. Обработка основания допускает использование высокопроизводительного и высокотехнологического оборудования ;

4. Требования к допускам на размеры не завышены и позволяют основанию выполнять свое служебное назначение;

5. Требования к шероховатости соответствует требованиям точности размера;

6. С точки зрения механической обработки: форма и расположение отверстий диаметром 52 мм и диаметром 80 мм удобны для обработки с одной стороны отливки.

7. Деталь достаточно технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и довольно проста по конструкции.

8. Обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и шероховатости не представляют технологических трудностей, позволяют вести обработку на проход.

9. Расположение крепежных отверстий: как резьбовых, так и глухих допускает многоинструментную обработку.

10. Конструкция корпуса позволяет совмещать основную конструкционную, основную технологическую и измерительные базы, что обеспечивает принцип единства баз.

11. Система простановки размеров исключает необходимость пересчета размеров.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			45



#### 4.4. Методы и схемы контроля

В серийном производстве контроль точности корпусных деталей выполняют на специальных приборах, обеспечивающих автоматическое измерение одновременно нескольких параметров точности детали. Измерительная система таких приборов основана обычно на применении пневматических, индуктивных или электроконтактных датчиков (рис.11).

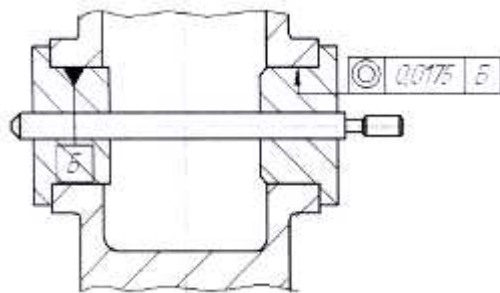


Рисунок 11 Контроль соосности двух отверстий.

Измерение точности поворота оси отверстия относительно базовой плоскости и точности расстояния от отверстия до плоскости выполняют на контрольной плите с использованием контрольной оправки и индикатора на стойке (рис. 12).

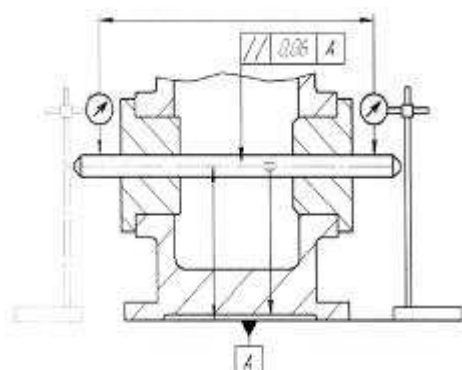


Рисунок 12 Схема контроля точности расстояния от оси отверстия до плоскости основания и их параллельности

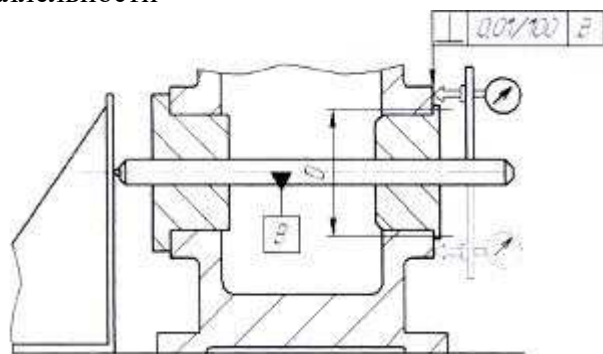


Рисунок 13 Контроль перпендикулярности торцов к оси отверстия

Отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости к оси отверстия проверяют с помощью индикатора, установленного в специальной оправке

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

(рис. 13). Отклонения определяются по показаниям индикатора в положениях 1 и 2. Отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости к оси отверстия оценивают как разность показаний, отнесенную к базовой длине D.

#### 4.5. Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки

В качестве материала для производства основания корпуса используется чугун СЧ15 ГОСТ 1412–79, имеющий хорошие литейные свойства. Это позволяет использовать в качестве заготовки отливку. Исходя из этого, наметим несколько возможных вариантов получения заготовки «корпус редуктора»:

- литьё в песчаные формы;
- литьё в оболочковые формы;
- литье в кокиль;

Рассмотрим перечисленные варианты получения заготовок для определения оптимального способа получения заготовки требуемого качества, исходя из годовой программы выпуска и массы отливки.

1. Литьё в песчаные формы. Это наиболее универсальный метод, можно получить отливки самой сложной конфигурации и любой массы. Заготовки характеризуются пониженной точностью, высокими параметрами шероховатости и большими припусками на механическую обработку. Основное применение в единичном и серийном производстве.

2. Литьё в оболочковые формы применяют для получения ответственных фасонных отливок в серийном и массовом производстве. Песчано-смоляная формовочная смесь содержит мелкозернистый песок и обладает высокой подвижностью, что позволяет получить высокую точность отпечатка и малую высоту микронеровностей отливки. В результате могут быть достигнуты: точность размеров, соответствующая 12-му качеству и параметр шероховатости поверхности  $R_z = 20 \dots 10$  мкм.

Литьё в оболочковые формы позволяет уменьшить объём очистных и обрубных работ примерно на 50%, расход металла на 30÷50%; объём последующей механической обработки на 40÷50%, расход формовочной смеси в 10÷20 раз. Процесс получения отливки может быть полностью механизирован.

Главным недостатком литья в оболочковые формы является высокая стоимость связующего вещества (фенолформальдегидных смол).

3. Литьё в кокиль. Используют для получения фасонных отливок в условиях серийного и массового производства. Отливки в кокиль имеют высокую точность размеров (11-й, 12-й качества), шероховатость поверхности  $R_a = 10 \dots 5$  мкм.

Многократность использования металлических форм может составить до нескольких тысяч заливок. Внутренняя конфигурация отливки обеспечивается с помощью песчаных или металлических стержней.

В данном случае получение заготовки этим способом неприемлемо в связи с тем, что разъём формы необходимо делать из нескольких частей, отформовать внутреннюю поверхность отливки сложно, расположить стержни, для

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист
БР-15.03.05-2017.ПЗ									

обеспечения необходимой точности расположения отверстий, также сложно. Следовательно, этот способ исключаем.

Из перечисленных вариантов наиболее приемлемыми являются:

- литье в песчано-глинистые формы;
- литье в оболочковые формы.

Проведем анализ методов получения заготовки по экономическим затратам, обеспечивающий наименьшие затраты при получении заготовки.

Литье в оболочковые формы обеспечивает достаточно высокую точность заготовки, следовательно, снижается припуск на механическую обработку.

Литье в песчано-глинистые формы, для годовой программы 2000 шт./год, принимаем металлическую модель, и машинную формовку, что позволяет получать качественные однородные отливки со стабильными параметрами точности, соответствующие параметрам точности отливок, полученных литьем в оболочковые формы.

Следовательно, для отливки средней сложности и условий механизированного серийного производства, принимаем:

- класс размерной точности отливки - 10;
- степень коробления элементов отливки - 6;
- степень точности поверхностей отливки - 14;
- по степени точности - шероховатость поверхности  $Ra = 40$  мкм;

Так как параметры точности заготовок совпадают, то припуски на механическую обработку будут одинаковые, следовательно, операции для требуемой механической обработки также будут одинаковы. Различия будут в стоимости получения заготовки.

Стоимость заготовки определяем по формуле:

$$S_{\text{заг}} = [(C_i/1000) \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n] - (Q - q) \cdot (S_{\text{отх}}/1000), \text{ где } (105)$$

$C_i$  - базовая стоимость 1 т заготовок, руб.;

$Q$  - масса заготовки, кг;

песчано-глинистые формы  $Q_{\text{п-г.ф.}} = 8,3$  кг;

оболочковые формы  $Q_{\text{об.ф.}} = 8,1$  кг

$q$  - масса готовой детали, кг;  $q = 7,77$  кг

$S_{\text{отх}}$  - цена 1 т отходов, руб.;  $S_{\text{отх}} = 6500$  руб.

$k_T$  - коэффициент, зависящий от класса точности отливки;

$k_c$  - коэффициент, зависящий от группы сложности отливок (3 группа сложности);

$k_b$  - коэффициент, зависящий от массы отливки;

$k_m$  - коэффициент, зависящий от марки материала отливки;

$k_n$  - коэффициент, зависящий от объёма производства;

Величины всех необходимых коэффициентов приняты по рекомендациям и для каждого метода литья приведены в таблице 4.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										48

Таблица 10 Величины коэффициентов для расчета стоимости заготовки

Метод литья	$k_T$	$k_c$	$k_b$	$k_m$	$k_n$	$C_i$
В песчаные формы	1,1	1,0	0,8	1,19	1,0	30000
В оболочковые формы	1,1	1,0	0,8	1,19	1,0	35200

Стоимость заготовки, полученной литьем в песчано-глинистые формы:

$$S_{\text{заг}} = [30 \cdot 8,3 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,19 \cdot 1,0] - (8,3 - 7,77) \cdot 6,5 = 257 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки полученной литьем в оболочковые формы:

$$S_{\text{заг}} = [35,2 \cdot 8,1 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,19 \cdot 1,0] - (8,1 - 7,77) \cdot 6,5 = 296 \text{ руб.}$$

На основании выполненного расчета видно, что наиболее экономичным вариантом получения заготовки является литье в песчано-глинистые формы с машинной формовкой по металлическим моделям.

Согласно ГОСТ 26645-85, на каждую обрабатываемую поверхность назначаем припуск и допуск на размер, соответствующий классу размерной точности отливки – 10, с учетом степени: коробления и точности элементов отливки. Крепежные отверстия и отверстия под резьбу в отливке не изготавливаются из-за их малого диаметра. У отливки удаляют литники и приливы. Подвергают ее очистке от остатков формовочной смеси на дробеструйной машине.

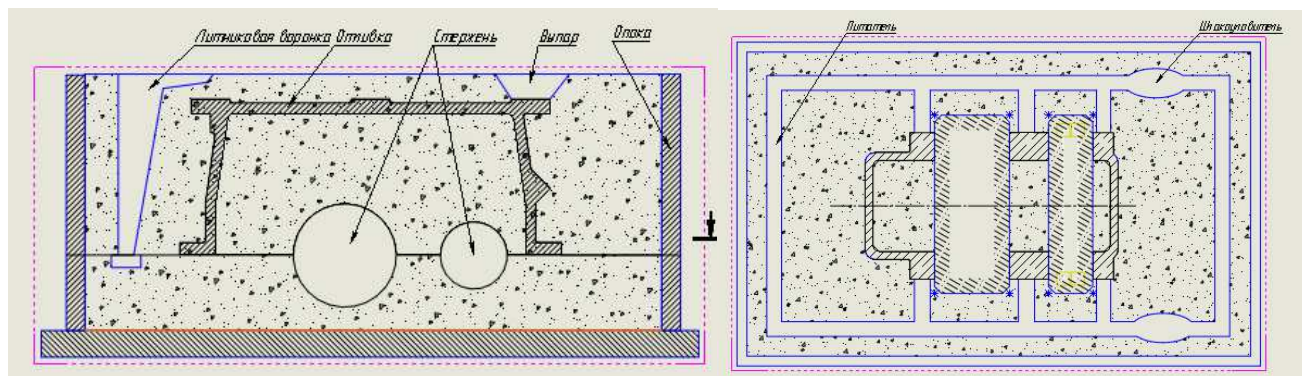


Рисунок 14 Схема литейной оснастки для изготовления отливки в песчано-глинистой форме

Для снятия остаточных напряжений в отливке, выравнивания структуры и улучшения обрабатываемости резанием, производится отжиг при температуре  $T_{\text{max}} = 500-550^\circ \text{C}$  в течении  $t = 12$  часов.

На рисунке 14 изображена оснастка для изготовления отливки в песчано-глинистой форме.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

49

#### 4.6. Обоснование выбора технологических баз.

Основной операцией для обработки корпуса является расточка отверстий под подшипник, но для этого необходимо решить главную задачу: обеспечить равномерность припуска на обработку.

Проведем сравнительный анализ двух вариантов базирования при обработке корпуса на первой операции. При выполнении этой операции необходимо определить и обработать те поверхности, которые затем будут использоваться в качестве технологических баз на большинстве последующих операций технологического процесса.

Наиболее важными задачами, решаемыми на первой операции обработки данной детали, являются: обеспечение норм точности основных отверстий, обеспечение равномерного припуска на расточке отверстий, обеспечение простоты конструируемого приспособления, установление точности связей между двумя группами поверхностей: обрабатываемыми и остающимися без обработки. Так же необходимо обеспечить:

1. Параллельность осей отверстий под подшипник с заданной точностью;
2. Равномерность припуска на расточку отверстий под подшипники;
3. Перпендикулярность осей отверстий под подшипники с заданной точностью;

4. Перпендикулярность торцов отверстий относительно оси отверстий;

Выбор варианта базирования состоит из 2 этапов:

- 1) Выбор баз для основных операций технологического процесса. Для базирования на этих операциях используются 2 основные схемы базирования:

- а) базирование по трем плоскостям;
- б) базирование по плоскости основания и двум технологическим отверстиям.

- 2) Выбор технологических баз на первой операции технологического процесса.

Использование на операциях обработки резанием основных баз в качестве технологических, а затем в процессе контроля в качестве измерительных означает наиболее полное соблюдение принципа единства баз.

Выберем вариант базирования корпусной детали для основных операций (обработка отверстий и фрезерование торцов), обеспечивающий наибольшую равномерность припусков (рис. 15)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			50







Обработанная плоскость основания привязана к осям полуотверстий, которые расположены в одной плоскости, являющейся плоскостью разъема, следовательно, получаем максимально равномерный припуск на расточку отверстий, а также равномерный припуск на обработку плоскости разъема.

Допуск на размер от поверхности основания до оси главного отверстия  $T = 0,5$  мм. Точность фрезерования поверхности основания при базировании на оправки по поверхностям литых отверстий возможно обеспечить с допуском  $T = 0,7$  мм. Следовательно, погрешность  $\omega B_{\Delta} = 1,2$  мм.

Погрешность размера  $A_{\Delta}$  для второго варианта базирования составит:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega B_{\Delta} + 0,03 = 1,23 \text{ мм.}$$

Следовательно, параметр  $\omega A_{\Delta}$ , представляющий собой поле рассеяния замыкающего звена, при первом варианте базирования будет больше, чем при втором варианте.

На основании проведенного анализа вариантов базирования и расчета погрешностей, принимаем второй вариант базирования корпуса редуктора на первой операции, обеспечивающий наиболее точное решение задачи по установлению связей между двумя группами поверхностей: обрабатываемыми и остающимися без обработки. Также этот вариант базирования позволяет однозначно определить положение осей, относительно которых заданы параметры точности на обрабатываемые поверхности:

1. Параллельность осей отверстий под подшипник с заданной точностью;
2. Равномерность припуска на расточку отверстий под подшипники;
3. Перпендикулярность осей отверстий под подшипник с заданной точностью.

#### 4.7. Проектирование последовательности изготовления

Последовательность изготовления корпуса в базовом варианте представлена в графической части.

На первой операции 005 базирование детали осуществляется по осям главных отверстий с установкой на пальцы. Технологические переходы, станок и операционный эскиз, применяемые на первой операции, представлены в таблице 11.

На второй операции 010 базирование детали осуществляется по обработанной на первой операции установочной базе и по двум обработанным отверстиям (двойная опорная база) в приспособлении.

На третьей операции 015 осуществляется сбор крышки и корпуса редуктора с установкой на штифты.

На 4-ой операции 020 базирование детали осуществляется по обработанной на первой операции установочной базе и по двум обработанным отверстиям (двойная опорная база) в приспособлении.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			53



### Таблица 11 Операции изготовления корпуса

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
1	2	3
<p>005 Фрезерно-сверлильно-расточная Установ 1:</p> <p>1.Черновое и чистовое фрезерование поверхности, выдерживая размер 1 для получения установочной технологической базы;</p> <p>2.Центрование, сверление и фрезерование 6 крепежных отверстий, выдерживая размеры 2, 3, 4, 5, 6,7,8.</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">мод. 800VHT с ЧПУ и с АСИ</p>	<p>The technical drawing shows two views of a machine base. The top view (plan) shows a rectangular base with rounded corners and two circular features. Dimensions include 128 ± 0.1 (height), 128 (width), and 258 (length). Callouts 1 through 8 are present. The side view (elevation) shows the profile of the base with dimensions 128, 258, and 128. Callouts 1 through 8 are also present. A dashed orange box encloses the main body of the base.</p>

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	Недок	Подпись	Дата

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

Лист

54





1	2	3
<p>015 Фрезерно-сверлильно-расточная:</p> <p>1. Черновое и чистовое фрезерование торцов отверстий под подшипники, выдерживая параметры: 29,30,31.</p> <p>2. Черновое, получистовое, чистовое растачивание отверстий под подшипники, выдерживая размеры: 32, 33, 34, 36.</p> <p>3. Центрование, сверление и нарезание резьбы отверстий, выдерживая размеры: 35, 37, 38, 39, 40, 41.</p>	<p>мод. 800VHT с ЧПУ и с АСИ</p>	

#### 4.8. Определение припусков и межпереходных размеров.

Выполним расчёт припусков расчётно-аналитическим методом для плоскости разъёма и двух отверстий: отверстие под подшипники выходного вала  $\varnothing 80H7^{(+0,025)}$  мм и установочной поверхности корпуса  $120H8^{(+0,063)}$  мм. На остальные обрабатываемые поверхности назначим припуски и допуски по ГОСТ 26645-85.

Заготовка представляет собой отливку из серого чугуна СЧ15 ГОСТ 1412–79, массой 8,3 кг, полученную литьем в песчано-глинистые формы, точность которой составляет 10 – 7 – 14 — 10 См 1,6 ГОСТ 26645-85:

- класс размерной точности отливки - 10;
- степень коробления элементов отливки - 7;

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Подпись и дата
Изм.	Кол.	Лист
№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

57

- степень точности поверхностей отливки - 14;
- класс точности массы - 10;
- смещение по плоскости разъема полуформ – 1,6 мм;
- по степени точности - шероховатость поверхности  $Ra = 40$  мкм;
- ряд припусков на обработку - 7.

Базирование заготовки осуществляется по двум установочным отверстиям в корпусе, что позволит однозначно определить положение плоскости разъема корпуса. Схема установки корпуса редуктора, приведена на рисунках 18 и 19.

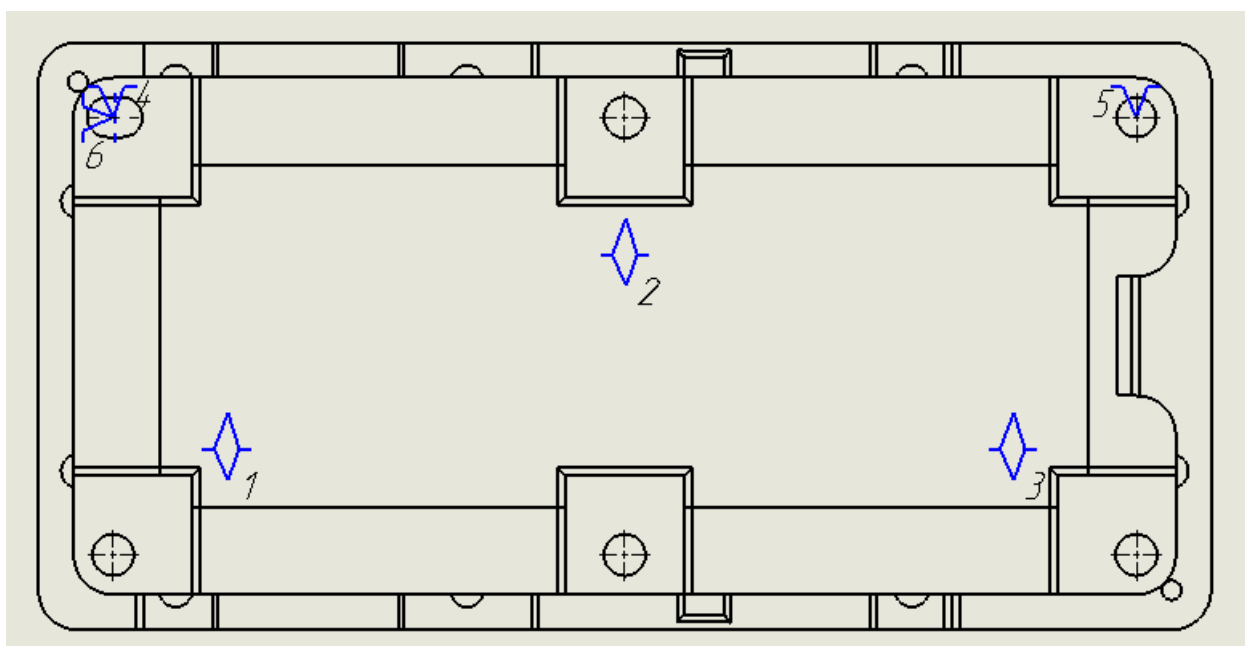


Рисунок 18 Схема установки корпуса редуктора для обработки отверстий под подшипники для валов  $\varnothing 80H7(+0,025)$  мм и  $\varnothing 52H7(+0,025)$  мм

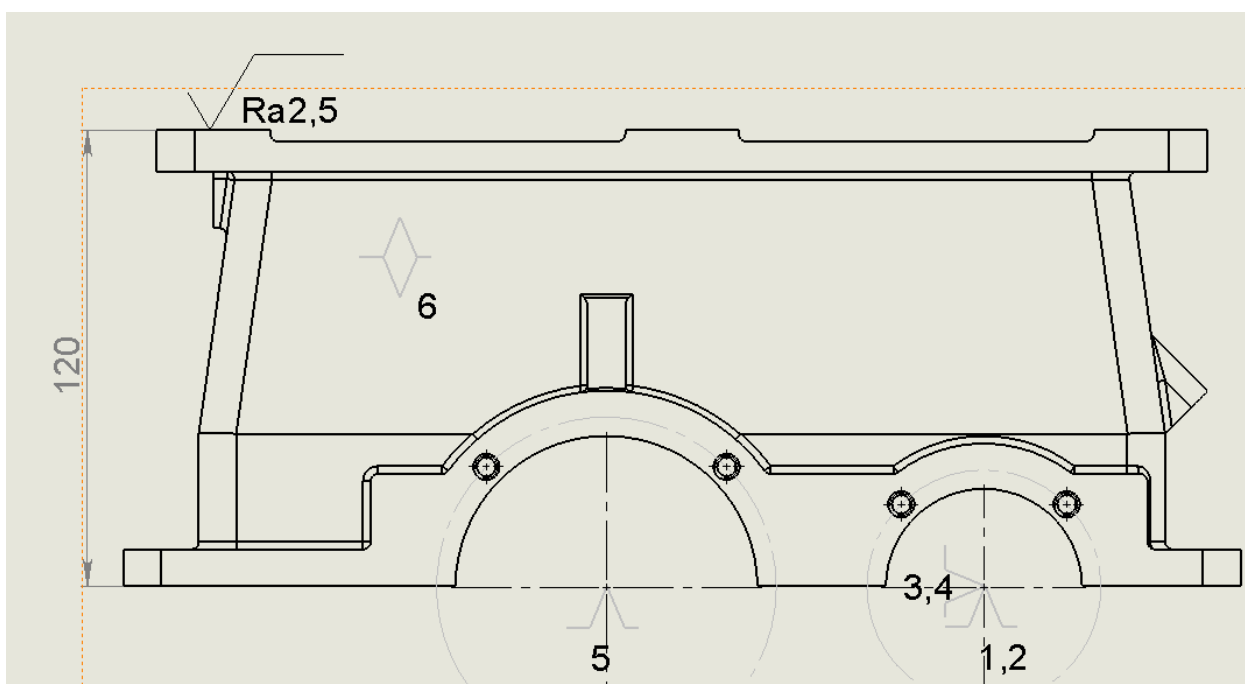
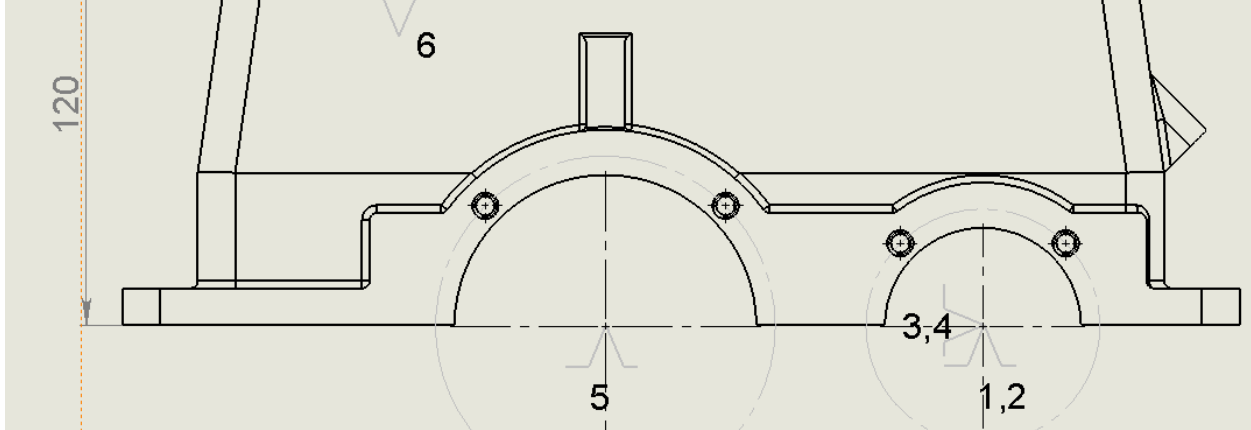


Рисунок 19 Схема установки корпуса редуктора для обработки установочной поверхности корпуса 120H8  $(+0,063)$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
		
<p>Рисунок 19 Схема установки корпуса редуктора для обработки установочной поверхности корпуса 120Н8 (<sup>+0,063</sup>)</p>		

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист
58

На основании 10-го класса размерной точности отливки по таблице на номинальные размеры определим допуски на размеры отливки:

- на расстояние 120 мм, принимаем на один класс точнее, так как получен одной полуформой,  $T_3 = 3,2$  мм;

- на размер отверстия  $\varnothing 80$  мм,  $T_3 = 2,2$  мм

Допуск неровностей поверхностей отливки, для 10-й степени точности поверхности отливки составляет 1,0 мм.

Допуски формы и расположения элементов отливки, для 7-й степени коробления, с учетом номинальных размеров:

- на расстояние 120 мм, составит – 0,5 мм;

- на размер отверстия  $\varnothing 80$  мм, составит – 0,5 мм.

На основании полученных допусков на размеры, на форму и расположение поверхностей, находим общие допуски на элементы отливки. Так как допуск неровности поверхности не превышает допуска размерной точности, то его не учитываем, следовательно:

- для допуска размера 120 мм, от поверхности до базы 3,2 мм, и допуска формы и расположения 0,5 мм, общий допуск элемента отливки  $T_{\text{заг}} = 3,7$  мм.

- для размера отверстия  $\varnothing 80$  мм, у которого ось является базой, допуск от поверхности до базы 1,1 мм, и допуска формы и расположения 0,5 мм, общий допуск элемента отливки  $T_{\text{заг}} = 1,6$  мм.

Обработка осуществляется с одной установки на multifunctional токарном сверлильно-фрезерно-расточном станке мод. 800VHT с ЧПУ и с АСИ, с изменяемым положением шпинделя и поворотным столом.

#### 4.8.1. Расчет припусков и межпереходных размеров на фрезерование торцевой поверхности, корпуса редуктора

В результате обработки необходимо выдержать расстояние  $120(\pm 0,16)$  мм от базовой поверхности, в качестве которой принята установочная плоскость, и обеспечить шероховатость поверхности по  $Ra = 2,5$  мкм.

Требуемая точность размера детали  $T_d = 0,32$  мм и шероховатость поверхности обеспечивается чистовым фрезерованием торцевой фрезой  $T_d = T_2$

Чистовой обработке предшествует черновое фрезерование по  $T_{14}$ , которое позволит обеспечить точность размера  $T_1 = 0,8$  мм в пределах  $\pm 0,4$  мм. Определим требуемое уточнение  $\varepsilon_{T_0}$ :

$$\varepsilon_{T_0} = T_{\text{заг}} / T_d = 3,2 / 0,32 = 10, \text{ где} \quad (108)$$

$T_3$  – допуск на размер заготовки;

$T_d$  – допуск на размер детали.

Уточнение при чистовом фрезеровании:

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,8 / 0,32 = 2,5$$

Уточнение при черновом фрезеровании:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			59

$$\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_2 = 3,2 / 0,8 = 4$$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 2,5 \cdot 4 = 9,93 = \varepsilon_{T_0} \quad (109)$$

что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом технологический маршрут обработки состоит из:

- Чернового фрезерования ( $R_z = 80$  мкм, 14 квалитет);
- Чистового фрезерования ( $R_a = 5,0$  мкм, 13 квалитет).

Минимальный припуск при последовательной обработке поверхностей (односторонний припуск), определяется по формуле:

$$Z_{i \min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \text{ где} \quad (110)$$

$R_{z_{i-1}}$  – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Для отливок из чугуна при машинной формовке по металлическим моделям и наибольшем размере до 500 мм:  $R_z + h = 400$  мкм.

Погрешность расположения и формы поверхности были определены из таблицы:  $\Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,5$  мм

Погрешность установки отливки принимаем по таблице: погрешность установки при черновом фрезеровании:  $\varepsilon_{y1} = 0,051$  мм

Тогда минимальный припуск под черновое фрезерование:

$$Z_{1 \min} = 400 + 500 + 51 = 951 \text{ мкм}$$

После первого технологического перехода чернового фрезерования назначаем –  $R_z = 50$  мкм;  $h = 50$  мкм.

Остаточное пространственное отклонение:

$$\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}}, \text{ где} \quad (111)$$

$k_y$  – коэффициент уточнения формы.

После чернового фрезерования:

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм.}$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			60

Погрешность установки при чистовом фрезеровании  $\varepsilon_{yi-1} = 0$ , так как чистовое и черновое фрезерование проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под чистовое фрезерование:

$$z_{2 \min} = 100 + 30 + 0 = 130 \text{ мкм}$$

Графу «Расчётный размер» таблицы 12 заполняем, начиная с конечного минимального размера по чертежу, последовательным прибавлением расчётного минимального припуска, каждого технологического перехода:

$$A_{p2} = A_{\min 2} + z_{2 \min} = 119,6 + 0,13 = 119,79 \text{ мм}; \quad (112)$$

$$A_{p1} = A_{\min 1} + z_{1 \min} = 119,96 + 0,951 = 120,911 \text{ мм}$$

Значение допусков каждого технологического перехода принимаем по таблице, в соответствии с качеством, используемого метода обработки.

Наименьший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону увеличения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наибольшие предельные размеры определяем прибавлением допусков к наименьшим предельным размерам:

$$A_{\max 2} = A_{\min 2} + T_2 = 119,79 + 0,32 = 120,11 \text{ мм};$$

$$A_{\max 1} = A_{\min 1} + T_1 = 120,0 + 0,8 = 120,8 \text{ мм}; \quad (113)$$

$$A_{\max \text{ заг}} = A_{\min \text{ заг}} + T_{\text{заг}} = 120,9 + 3,2 = 124,1 \text{ мм};$$

Минимальные значения припусков равны разности наименьших предельных размеров, а максимальные значения, соответственно, разности наибольших предельных размеров:

$$z_{\min 2}^{\text{и.д.}} = A_{\min 1} - A_{\min 2} = 120 - 119,79 = 0,21 \text{ мм};$$

$$z_{\min 1}^{\text{и.д.}} = A_{\min \text{ заг}} - A_{\min 1} = 120,9 - 120 = 0,9 \text{ мм};$$

(114)

$$z_{\max 2}^{\text{и.д.}} = A_{\max 1} - A_{\max 2} = 120,8 - 120,11 = 0,69 \text{ мм};$$

$$z_{\max 1}^{\text{и.д.}} = A_{\max \text{ заг}} - A_{\max 1} = 124,1 - 120,8 = 3,3 \text{ мм}.$$

Общие припуски  $z_{0 \min}$  и  $z_{0 \max}$  определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			61





Таблица 12 Расчёт припусков и предельных размеров на обработку торцевой поверхности в размер  $120 \pm 0,16$  мм, от установочной плоскости корпуса насоса

Технологические переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мм.				Расчётный припуск, мкм $Z_{min}$	Расчётный размер $I_p$ , мм	Допуск Т, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon_y$				$A_{min}$	$A_{max}$	$Z_{min}^{пр}$	$Z_{max}^{пр}$
Заготовка (отливка I кл. точности)	400		500	51	951	120,911	3200	120,9	124,1	—	—
1.Фрезерование (черновое)	50	50	30	0	130	119,96	800	120	120,8	900	3300
2.Фрезерование (чистовое)	—	—	—	—	—	119,79	320	119,6	120,11	210	690
Итого, $\Sigma$ :										1110	3990

#### 4.8.2. Расчет припусков и межпереходных размеров на расточку отверстия в корпусе Ø 80 H7 (+0,025) мм

В результате обработки необходимо обеспечить точность размера отверстия  $\text{Ø}80^{(+0,025)}$  мм ( $T_d = 0,025$  мм) и обеспечить шероховатость поверхности по  $Ra = 2,5$  мкм.

По таблице находим допуск на диаметр литого отверстия, для 10-го класса размерной точности,  $T_{заг} = 2,8$  мм и назначаем предельные отклонения отверстия  $\pm 1,4$  мм.

Определим требуемое уточнение  $\varepsilon_{To}$ , которое необходимо обеспечить при растачивании литого отверстия (108):

$$\varepsilon_{To} = T_{заг} / T_d = 2,8 / 0,025 = 111,8$$

Требуемая точность размера детали  $T_d = 0,025$  мм и шероховатость поверхности  $Ra = 2,5$  мкм обеспечивается чистовым растачиванием с точностью  $T_d = T_3$ .

Чистовой обработке предшествует получистовое растачивание по IT10, которое позволит обеспечить точность размера  $T_2 = 0,085$  мм. Уточнение при чистовом фрезеровании:

$$\varepsilon_3 = T_2 / T_d = 0,085 / 0,025 = 3,4$$

Получистовому растачиванию предшествует черновое по IT13, соответственно, точность размера  $T_1 = 0,25$  мм. Уточнение при получистовом растачивании:

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,25 / 0,085 = 2,94$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
									63	
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ				

Уточнение при черновом растачивании:

$$\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_1 = 2,8 / 0,25 = 11,2$$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 3,4 \cdot 2,94 \cdot 11,2 = 111,9 \geq \varepsilon_{\text{То}}$$

что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом технологический маршрут обработки состоит из:

- Чернового растачивания ( $R_z = 60$  мкм, 12 квалитет);
- Получистового растачивания ( $R_z = 25$  мкм, 9 квалитет);
- Чистового растачивания ( $R_a = 2,5$  мкм, 7 квалитет).

Расчёт припусков на обработку приведён в таблице 13, с описанием технологического маршрута обработки отверстия и все значения припусков.

Минимальный припуск при обработке поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2z_{i\min} = 2 \left( R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{ где} \quad (117)$$

$R_{z_{i-1}}$  – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Для отливок из стали при машинной формовке по металлическим моделям и наибольшем размере до 500 мм  $R_z + h = 400$  мкм.

Погрешность расположения и формы поверхности определяем из таблицы:

$$\Delta_{\text{р.ф.о}} = 0,5 \text{ мм.}$$

Погрешность расположения оси отверстия относительно технологических баз, принимаем смещение вызванное перекосом стержня  $\Delta_{\text{р.т.б}} = 1,4$  мм.

Суммарная погрешность расположения и формы:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{заг}}} = (\Delta_{\text{р.ф.о}}^2 + \Delta_{\text{р.т.б}}^2)^{0,5} = (0,5^2 + 1,4^2)^{0,5} = 1,48 \text{ мм.} \quad (118)$$

Погрешность установки отливки на пальцы считаются по таблице:

Погрешность установки при черновом растачивании:  $\varepsilon_i = 51$  мкм

Тогда минимальный припуск под черновое растачивание:

$$z_{1\min} = 400 + 1480 + 51 = 1931 \text{ мкм}$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			64

После первого технологического перехода черного растачивания назначаем –  $R_z = 50$  мкм;  $h = 50$  мкм.

Остаточное пространственное отклонение после черного растачивания определим по формуле 111.

Тогда после черного фрезерования:

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 1480 = 89 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при получистовом растачивании  $\varepsilon_{yi-1} = 0$ , так как чистовое, получистовое и черновое растачивание проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под получистовое растачивание:

$$z_{2 \min} = 160 + 89 + 0 = 249 \text{ мкм}$$

После второго технологического перехода получистового растачивания назначаем –  $R_z = 25$  мкм;  $h = 25$  мкм.

Остаточное пространственное отклонение:

$$\Delta_{\Sigma 2} = 0,04 \cdot 1480 = 59,8 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при чистовом растачивании  $\varepsilon_{yi-1} = 0$ .

Определим минимальный припуск под чистовое растачивание:

$$z_{3 \min} = 50 + 59,8 + 0 = 109 \text{ мкм}$$

Графу «Расчётный размер» таблицы 13 заполняем, начиная с конечного размера последовательным вычитанием расчётного минимального припуска для каждого технологического перехода:

- для получистового растачивания:

$$d_{p2} = 80,025 - 0,109 = 79,916 \text{ мм;}$$

- для черного растачивания:

$$d_{p1} = 79,916 - 0,249 = 79,667 \text{ мм;}$$

- для заготовки:

$$d_{p.з.г.} = 79,667 - 1,931 = 77,736 \text{ мм.}$$

Значение допусков принимаем по таблице в соответствии с качеством, используемого метода обработки. Наибольший предельный размер определяем

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			65

округлением расчётных размеров в сторону уменьшения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наименьшие предельные размеры определяем вычитанием допусков от наибольших предельных размеров:

$$\begin{aligned}d_{\min 3} &= d_{\max 3} - T_3 = 80,025 - 0,025 = 80 \text{ мм}; \\d_{\min 2} &= d_{\max 2} - T_2 = 79,916 - 0,085 = 79,831 \text{ мм}; \\d_{\min 1} &= d_{\max 1} - T_1 = 79,66 - 0,25 = 79,41 \text{ мм}; \\d_{\min \text{ заг}} &= d_{\max \text{ заг}} - T_{\text{заг}} = 77,7 - 2,8 = 74,9 \text{ мм};\end{aligned}\tag{119}$$

Минимальные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров, а максимальные значения соответственно разности наименьших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$\begin{aligned}2z_{\max 3} &= d_{\min 3} - d_{\min 2} = 80 - 79,831 = 0,169 \text{ мм} = 169 \text{ мкм}; \\2z_{\max 2}^{\text{ï ð}} &= d_{\min 2} - d_{\min 1} = 79,831 - 79,41 = 0,421 \text{ мм} = 421 \text{ мкм}; \\2z_{\max 1}^{\text{ï ð}} &= d_{\min 1} - d_{\min \text{ çàã}} = 79,41 - 74,9 = 4,51 \text{ мм} = 4510 \text{ мкм}. \\2z_{\min 3}^{\text{ï ð}} &= d_{\max 3} - d_{\max 2} = 80,025 - 79,916 = 0,109 \text{ мм} = 109 \text{ мкм}; \\2z_{\min 2}^{\text{ï ð}} &= d_{\max 2} - d_{\max 1} = 79,916 - 79,66 = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ мкм}; \\2z_{\min 1}^{\text{ï ð}} &= d_{\max 1} - d_{\max \text{ çàã}} = 79,66 - 77,7 = 1,96 \text{ мм} = 1960 \text{ мкм}.\end{aligned}\tag{120}$$

Общие припуски  $z_{0\min}$  и  $z_{0\max}$  определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$\begin{aligned}2z_{0\min} &= 109 + 256 + 1960 = 2325 \text{ мкм}; \\2z_{0\max} &= 169 + 421 + 4510 = 5100 \text{ мкм}.\end{aligned}$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{0\text{ ном}} = z_{0\min} + B_{\text{заг}} - B_{\text{д}} = 2325 + 1400 - 25 = 3700 \text{ мкм} = 3,7 \text{ мм}.\tag{121}$$

Номинальный диаметр заготовки:

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист

$$d_{\text{заг. ном}} = d_{\text{д. ном}} - z_{0 \text{ ном}} = 80 - 3,7 = 76,3 \text{ мм.} \quad (122)$$

Произведём проверку правильности расчёта:

$$\begin{array}{lll} 2z_{\text{max}3} - 2z_{\text{min}3} & 2z_{\text{max}2} - 2z_{\text{min}2} & 2z_{\text{max}1} - 2z_{\text{min}1} = T_{\text{д}} - T_1 \\ = T_2 - T_3 & = T_1 - T_2 & \\ 169 - 109 = 85 - 25 & 421 - 256 = 250 - 85 & 4510 - 1960 \\ & & = 2800 - 250 \\ 60 = 60 & 165 = 165 & 2550 = 2550 \end{array}$$

На основании данных расчётов построим схему графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\varnothing 80\text{H}7^{(+0,025)}$  в корпусе насоса (рис. 21).

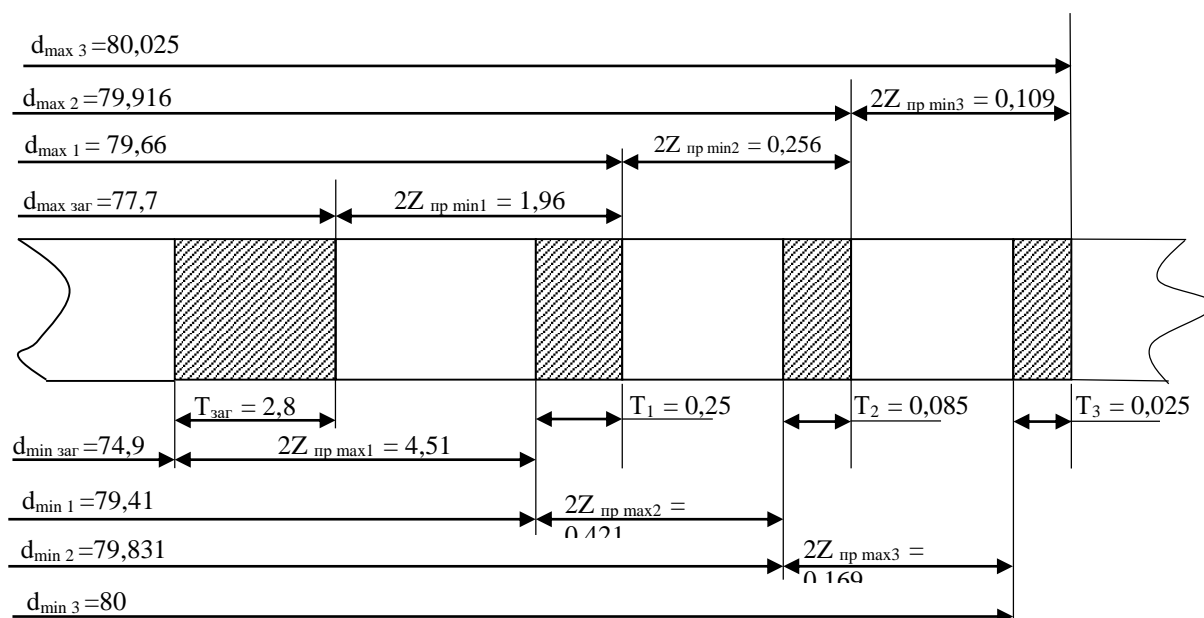


Рисунок 21 Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\varnothing 85\text{H}7^{(+0,025)}$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			67

Таблица 13 Расчёт припусков и предельных размеров на обработку отверстия корпуса насоса  
 $\varnothing 85 \text{ H7 } (+0,025) \text{ мм}$

Технологические переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мм.				Расчётный припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Расчётный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$	$\epsilon_y$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{\text{пр}}$	$2z_{\max}^{\text{пр}}$
Заготовка (отливка I кл. точности)	400		1480	51	1931	77,7	2800	74,9	77,7	—	—
1.Растачивание (черновое)	50	50	92	0	249	79,66	250	79,41	79,66	1960	4510
2.Растачивание (получистовое)	25	25	62	0	109	79,916	85	79,831	79,916	256	421
3.Растачивание (чистовое)	—	—	—	—		80,025	25	80	80,025	109	169
Итого, $\Sigma$ :										2325	5100

Таблица 14 Припуски и допуски на рассматриваемые размеры отливки корпуса редуктора

Номинальный размер детали	Припуск на механическую обработку		Допуск
	табличный	расчетный	
$\varnothing 80$	2·3,1	2·2,1	$\pm 1,4$
120	4,4	3,6	$\pm 1,8$

На основании величин припусков, приведенных в таблице 14, можно сделать вывод: изготовление литейной оснастки по расчетным припускам позволит уменьшить припуски на механическую обработку, что позволяет снизить объем отходов и нормы времени на механическую обработку.

## 4.9. Проектирование технологических операций

### 4.9.1. Структура и содержание операций

Структуру операций задаем по следующему принципу:

- 1) Количество одновременно обрабатываемых заготовок на станке (одноместные, многоместные);
- 2) Количество работающих инструментов в наладке (одноинструментная, многоинструментная);

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

БР-15.03.05-2017.ПЗ

Лист

68

3) Порядок выполнения переходов (последовательный, параллельный, параллельно-последовательный);

Структура операций представлена в таблице 15. Основные параметры предлагаемого станка приведены в таблице 16. Внешний вид и возможные перемещения по координатам многофункционального станка мод. 800VHT.

Таблица 15 Структура и содержание операций

№	Структура и содержание операции	Технологическое оборудование
1	Обработка последовательная, одноместная 005 Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое и чистовое фрезерование плоскости основания. 2.Сверление и развертывание 6 крепежных отверстий плоскости основания.	Многофункциональный сверлильно-фрезерно-расточной токарный станок мод. 800VHT с ЧПУ и АСИ. Обработка токарная на вращающемся столе и фрезерная на зафиксированном столе. Поворотный шпиндель от + 60° до - 105°.
2	010 Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое, чистовое фрезерование плоскости разъёма; 2.Центровка, сверление и нарезание резьбы 10 отверстий плоскости разъёма и 2 отверстий в корпусе, выдерживая размеры;	
3	015 Слесарно-сборочная 1. Сверлить отверстия под штифты, выдерживая размеры 26,27,28.	
4	020 Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое и чистовое фрезерование торцов отверстий под подшипники; 2.Черновое, получистовое, чистовое растачивание отверстий под подшипники; 3. Центровка, сверление и нарезание резьбы 16 отверстий;	

Таблица 16 Основные параметры многофункционального сверлильно-фрезерно-расточного токарного станка мод. 800VHT с ЧПУ и с АСИ

Параметры стола	
Диаметр (размер) рабочей поверхности стола, мм	800
Наибольшая частота вращения стола (ось В), об/мин	374
Номинальный крутящий момент стола, Нм	1005
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	620
Наибольшее расстояние от оси вращения шпинделя до стола, мм	870
Шпиндель	
Конус шпинделя	HSK 63
Число ступеней частот вращения шпинделя	регуляр. бесступ.
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-12 000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Нм	87
Мощность главного привода, кВт	19
Перемещение	
Наибольшее программируемое перемещение по координатам	
- продольное перемещение стола (X), мм	1000
- вертикальное перемещение шпиндельной бабки (Y), мм	700
- поперечное перемещение колонны (Z), мм	1000
- вращение стола (В), град.	360
- поворот шпинделя (А), град.	90
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мм	0,01
Дискретность задания перемещения, мм	0,001
Число управляемых осей координат	5
Число одновременно управляемых осей координат	5
Наибольшее усилие подачи по координатам X, Y, Z, Н	8000

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №



Пределы рабочих подач по координатам X, Y, Z, мм/мин	1...15000
Число ступеней рабочих подач	регулir. бесступ.
Скорость быстрого перемещения по координатам X, Y, Z, м/мин	15...25
<b>Инструментальный магазин</b>	
Емкость инструментального магазина, шт.	40
Время смены инструмента, с	2,2
Наибольший диаметр инструмента, мм	100
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	8
Наибольшая длина инструмента, мм	250
Система ЧПУ	SIEMENS SINUMERIK 840D
<b>Прочие характеристики</b>	
Масса, кг	13000
Габаритные размеры, мм	2800x3500x3690

#### 4.9.2. Расчет режимов резания

##### Черновое фрезерование

Исходные данные:

материал – СЧ 15;

ширина фрезерования  $B = 30$  мм;

станок - модель 800VHT с ЧПУ и с АСИ;

фреза – CoroMill 365 с механическим креплением пластин ТК20,  $D = 87$  мм,  $d = 80$  мм,  $z = 10$ .

глубина резания  $t = 1,29$  мм.

Назначаем подачу  $s_z = 0,2$  мм/об.

Определяем стойкость фрезы  $T = 180$  мин.

Рассчитываем скорость резания по формуле:

$$V = \frac{C \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{445 \cdot 50^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,29^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 30^{0,2} \cdot 120^0} \cdot 0,73 = 115 \text{ мм/мин, где} \quad (123)$$

$$C_V = 445;$$

$$T = 180 \cdot K_{TI} \cdot K_{TC} = 180 \cdot 1 \cdot 1 = 180, \text{ где} \quad (124)$$

$T$  – стойкость инструмента, мин;

$$q = 0,2;$$

$$m = 0,32;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,35;$$

$$u = 0,2;$$

$$z = 0$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,73, \text{ где} \quad (125)$$

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
							70

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_y} = \left(\frac{190}{170}\right)^{0,4} = 1,1, \text{ где} \quad (126)$$

$n = 0,4$  – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IV} = 0,8$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IV} = 0,83$  – коэффициент на инструментальный материал.

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 115}{3,14 \cdot 50} = 732 \text{ об/мин.} \quad (127)$$

Округляем  $n$  до стандартного значения  $n = 800$  об/мин.

Определим минутную подачу:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n, \text{ где} \quad (128)$$

$s$  – подача;

Тогда по формуле минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/мин}$$

Пересчитаем скорость резания при назначенной частоте вращения:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{800 \cdot 3,14 \cdot 50}{1000} = 125 \text{ мм/мин.} \quad (129)$$

Определяем силу резания  $P_z$ :

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,29^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 30^1 \cdot 12}{50^1 \cdot 800^0} \cdot 0,956 = 1433 \text{ Н.} \quad (130)$$

Определяем мощность резания  $N_e$ :

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1433 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 2,93 \text{ кВт.} \quad (131)$$

Чистовое фрезерование

Исходные данные:

материал – СЧ 15;

ширина фрезерования  $B = 30$  мм;

станок - модель 800VHT с ЧПУ и с АСИ;

фреза - с механическим креплением пластин ТК10  $D = 50$  мм,  $d = 22$  мм,  $z =$

12.

глубина резания  $t = 0,198$  мм.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			71

Рассчитываем скорость резания по формуле 123:

По формуле 128 минутная подача:

Пересчитаем скорость резания при назначенной частоте вращения (129):

Определяем силу резания  $P_z$  (130):

Определяем мощность резания  $N_e$  (131):

## Черновое растачивание

материал – СЧ15;

диаметр отверстия -  $\varnothing 79,68$  мм;

станок - модель 800VHT с ЧПУ и с АСИ;

резец - расточной резец 2141-0146 ВК6 ГОСТ 9795-84, L= 63 мм, h×b = 16×16, φ = 60°;

глубина резания  $t = 0,249$  мм.

Назначаем подачу  $s = 1$  мм/об.

Определяем скорость резания  $V$ :

$$C_V = 243;$$

$$T = 60 \cdot K_{TH} \cdot K_{TC} = 60 \cdot 1 \cdot 1 = 60, \text{ где} \quad (133)$$

$T$  – стойкость инструмента, мин;

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{rV} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 0,9 \cdot 0,94 = 0,62, \text{ где} \quad (134)$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{170}\right)^{0,4} = 1,1 \quad (126)$$

$n = 0,4$  – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IV} = 0,8$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{HV} = 0,83$  – коэффициент на инструментальный материал;

$K_{\phi V} = 0,9$  – коэффициент, учитывающий угол в плане резца;

$K_{rV} = 0,94$  – коэффициент, учитывающий радиус закругления вершины резца.

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле 127:

$$n = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 79,7} = 327 \text{ об/мин.}$$

Округляем  $n$  до стандартного значения  $n = 315$  об/мин.

По формуле 128 минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = 1 \cdot 315 = 315 \text{ мм/мин}$$

Пересчитаем скорость резания при назначенной частоте вращения (129):

$$V = \frac{315 \cdot 3,14 \cdot 79,7}{1000} = 79 \text{ мм/мин.}$$

Определяем тангенциальную силу резания  $P_z$ :

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p = \\ &= 10 \cdot 92 \cdot 0,29^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 79^0 \cdot 0,99 = 227 \text{ Н,} \end{aligned} \quad (135)$$

$$C_p = 92;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{rP} = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 = 0,99, \text{ где} \quad (136)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150}\right)^{n_y} = \left(\frac{170}{150}\right)^{0,4} = 1,05, \text{ где} \quad (137)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			73

$K_{\gamma P} = 1$  – коэффициент, учитывающий главный угол;  
 $K_{\lambda P} = 1$  – коэффициент, учитывающий угол наклона режущей кромки;  
 $K_{\phi P} = 0,94$  – коэффициент, учитывающий угол в плане;  
 $K_{rP} = 1$  – коэффициент, учитывающий радиус закругления вершины резца.  
 Определяем мощность резания  $N$  (131):

$$N = \frac{227 \cdot 79}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт.}$$

#### Получистовое растачивание

Исходные данные:

материал – СЧ 15;

диаметр отверстия  $\varnothing 79,916$  мм;

станок - модель 800VHT с ЧПУ и с АСИ;

резец - расточной резец 2141-0067 ВК8 ГОСТ 9795-84,  $L = 40$  мм,  $h \times b = 8 \times 8$ ,  $\phi = 50^\circ$ ;

глубина резания  $t = 0,109$  мм.

Назначаем подачу  $s = 0,2$  мм/об.

Определяем скорость резания  $V$  (127):

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,109^{0,15} \cdot 0,2^{0,4}} \cdot 1,1 = 315 \text{ мм/мин.}$$

Уменьшим скорость резания в 1,5 раза, чтобы увеличить стойкость инструмента

$$V = 210 \text{ м /мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя (128):

$$n = \frac{1000 \cdot 210}{3,14 \cdot 79,916} = 837 \text{ об/мин.}$$

Округляем  $n$  до стандартного значения  $n = 800$  об/мин.

По формуле 129 минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/мин}$$

#### Чистовое растачивание

Режимы резания назначаем по нормативам:

диаметр отверстия  $\varnothing 80,025$  мм;

резец - расточной резец 2141-0067 ВК8 ГОСТ 9795-84,  $L = 32$  мм,  $h \times b = 6 \times 6$ ,  $\phi = 50^\circ$ ;

$t = 0,025$  мм,

$s = 0,12$  мм,

$V = 150$  м/мин,

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	БР-15.03.05-2017.ПЗ	Лист
										74

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 80} = 597 \text{ об/мин},$$

$$s_{\text{мин}} = 75,6 \text{ мм/мин.}$$

### 4.9.3. Техническое нормирование

Произведем расчет основного технологического, вспомогательного и штучно-калькуляционного времени.

Норма времени для выполнения операции на станках с ЧПУ при работе на одном станке определяется по формуле:

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n, \text{ где} \quad (138)$$

$n$  – количество деталей в партии запуска;

$T_{\text{шт}}$  – нормы штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}} \cdot K_{\text{тв}}) \left( 1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100} \right), \text{ где} \quad (139)$$

$K_{\text{тв}}$  – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы;

$a_{\text{тех}}$ ,  $a_{\text{орг}}$ ,  $a_{\text{отл}}$  – время на технологическое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности, процент от оперативного времени;

$T_{\text{ца}}$  – время цикла автоматической работы станка по программе, мин:

$$T_{\text{ца}} = T_{\text{о.т.}} + T_{\text{м.в.}}, \text{ где} \quad (140)$$

$T_{\text{о.т.}}$  – основное технологическое время, на обработку одной детали, мин:

$$T_{\text{о.т.}} = \sum_i^i \frac{L_{\text{р.х.и}}}{s_{\text{мин.и}}}, \text{ где} \quad (141)$$

$L_{\text{р.х.и}}$  – длина рабочего хода инструмента при обработке, мм:

$$L_{\text{р.х.и}} = L + l_1 + l_2 + l_3, \text{ где} \quad (142)$$

$L$  – длина пути, проходимого инструментом в направлении подачи, мм;

$l_1, l_2, l_3$  – длина подвода, врезания и перебега инструмента соответственно, мм;

$s_{\text{мин}}$  – минутная подача на технологическом переходе;

$n$  – число технологических участков;

$T_{\text{м.в.}}$  – машинно-вспомогательное время, мин:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			75

$$T_{м.в} = T_{м.в.и} + T_{м.в.х}, \text{ где} \quad (143)$$

$T_{м.в.и}$  – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, мин;

$T_{м.в.х}$  – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы, мин:

$$T_{м.в.х} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{х.х.j}}{S_{мин.у}}, \text{ где} \quad (144)$$

$L_{х.х.j}$  – длина  $i$ -го участка холостого хода;

$S_{мин.у}$  – ускоренная минутная подача;

$m$  – число холостых ходов.

Вспомогательное время на операцию рассчитывается по формуле:

$$T_v = T_{в.у} + T_{в.оп.} + T_{в.изм}, \text{ где} \quad (145)$$

$T_{в.у}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{в.оп.}$  – вспомогательное время не вошедшее в управляющую программу, мин;

$T_{в.изм}$  – вспомогательное, не перекрываемое время на измерения, мин;

$T_{пз}$  – нормы подготовительно-заключительного времени, мин:

$$T_{пз} = T_{пз.1} + T_{пз.2} + T_{пр.обр}, \text{ где} \quad (146)$$

$T_{пз.1}$  – норма времени на организационную подготовку, мин;

$T_{пз.2}$  – норма времени на наладку: станка, приспособления, инструмента, программных устройств, мин;

$T_{пр.обр}$  – норма времени на пробную обработку.

Исходные данные для каждого перехода с учетом инструментального материала, приведены в подразделе 4.9.2.

Операция 005, установ 1, 1-й переход.

Определим основное технологическое время на черновое фрезерование плоскости основания по формуле 141:

$$T_{о.т.1} = \frac{300+5+0+5}{288} = 0,17 \text{ мин.}$$

Суммарные быстрые перемещения:

1. Подвод в начало обработки (БП):  $L_{п.1} = 1395$  мм.

2. Отвод в исходную точку (БО):  $L_{о.1} = 55$  мм.

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле 144:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
			Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ	76

$$T_{\text{м.в.х}} = \frac{(1395+55)}{40000} = 0,035 \text{ мин.}$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов по формуле 143:

$$T_{\text{м.в}} = 0 + 0,035 = 0,035 \text{ мин, где}$$

$T_{\text{м.в.и}} = 0$  мин. – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле 140:

$$T_{\text{ца.п}} = 0,58 + 0,035 = 0,615 \text{ мин.}$$

Операция 005, установ 1, 2-й переход.

Определим основное технологическое время на чистовое фрезерование плоскости основания по формуле 141:

$$T_{\text{о.т.2}} = \frac{40+5+0+5}{128,9} = 0,38 \text{ мин.}$$

Суммарные быстрые перемещения:

1. Подвод в начало обработки (БП):  $L_{\text{п.2}} = 0$  мм.

2. Отвод в исходную точку (БО):  $L_{\text{о.2}} = 1495$  мм.

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле 144:

$$T_{\text{м.в.х}} = \frac{(0+1495)}{40000} = 0,04 \text{ мин.}$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов переходов по формуле 143:

$$T_{\text{м.в}} = 0 + 0,04 = 0,09 \text{ мин.}$$

$T_{\text{м.в.и}} = 0$  мин. – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле 140:

$$T_{\text{ца.п}} = 0,38 + 0,035 = 0,415 \text{ мин.}$$

Операция 005, установ 1, 3-й переход.

Определим основное технологическое время на сверление 6-ти крепежных отверстий (141):

$$T_{\text{о.т.3}} = \frac{14,5+5+0+0}{372} = 0,05 \text{ мин.}$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			77



Суммарные быстрые перемещения при точении поверхности:

1. Подвод в начало обработки (БП):  $L_{п.з} = 1395$  мм.

2. Отвод в исходную точку (БО):  $L_{о.з} = 1400$  мм.

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле 144:

$$T_{м.в.х} = \frac{(1395+1400)}{40000} = 0,07 \text{ мин.}$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов по формуле 143:

$$T_{м.в} = 0,05 + 0,07 = 0,11 \text{ мин.}$$

$T_{м.в.и} = 3 \text{ с} = 0,05 \text{ мин}$  – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле 140:

$$T_{ца.п} = 0,05 + 0,11 = 0,15 \text{ мин.}$$

Нормы времени для остальных переходов рассчитываются по данному методу.

Нормы времени для операции 005 приведены в таблице 17.

Таблица 17 Нормы времени переходов(операций)

№ ТП	Наименование технологического перехода	Параметры режимов резания			
		$T_{о.т.}$ , мин.	$T_{м.в.х.}$ , мин.	$T_{м.в.}$ , мин.	$T_{ца.п.}$ , мин.
1	2	3	4	5	6
Установ 1					
1	Черновое фрезерование поверхности основания.	0,17	0,035	0,035	0,615
2	Чистовое фрезерование поверхности основания	0,38	0,04	0,09	0,415
3	Центрование 6-ти крепежных отверстий плоскости основания	0,05	0,15	0,11	0,15
4	Сверление 6-ти крепежных отверстий основания	0,18	0,017	0,017	0,19
Установ 2					
5	Черновое фрезерование плоскости разъема	0,56	0,04	0,04	0,60
6	Чистовое фрезерование плоскости разъема	0,58	0,01	0,01	0,59
7	Центрование 10-ти крепежных отверстий плоскости разъема	0,08	0,0005	0,0005	0,081
8	Сверление 10-ти крепежных отверстий плоскости разъема	0,26	0,013	0,013	0,27
9	Нарезание резьбы 10-ти крепежных отверстий плоскости разъема	0,3	0,012	0,017	0,32
10	Черновое фрезерование торцев отверстий под подшипники	0,34	0,013	0,018	0,36

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			78

Окончание таблицы 17					
1	2	3	4	5	6
11	Чистовое фрезерование торцев отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
12	Центрование отверстий в торцах отверстий подшипников	0,18	0,017	0,017	0,19
13	Сверление отверстий в торцах отверстий подшипников	0,22	0,013	0,018	0,23
13	Черновое растачивание отверстий под подшипники	0,58	0,013	0,018	0,59
14	Получистовое растачивание отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
15	Чистовое растачивание отверстий под подшипники	0,92	0,023	0,023	0,94

#### 4.10. Анализ и расчет точности обработки

Анализ и расчет точности обработки проведем для поверхности, к качеству и размерной точности, которой предъявляются наиболее высокие требования. Для анализа рассмотрим операцию 020 «Фрезерно-сверлильно-расточная», на которой выполняется растачивание отверстия в размер  $\varnothing 80H7^{+0,025}$  мм. Требуемые параметры точности представлены в таблице 18.

Таблица 18 Требования к точности обработки отверстия  $\varnothing 85H7^{+0,025}$  мм

Наименование перехода (операции)	Требования к точности изготовления	Технологическое решение (характеристика перехода)
Расточка отверстия	а) $\varnothing 80H7^{+0,025}$ мм б) Отклонение от соосности отверстия $\varnothing 80H7^{+0,025}$ мм относительно отверстия $\varnothing 52H7^{+0,025}$ мм не более 0,016 мм. Шероховатость 2,5 мкрм.	Черновое растачивание (IT12), получистовое растачивание (IT9), чистовое растачивание (IT7). Режимы тонкой расточки: V=3150 м/мин; s = 0,02 мм/об; t=0,025 мм.

Операция 020 «Фрезерно-сверлильно-расточная» выполняется на многофункциональном сверлильно-фрезерно-расточном токарном станке мод. 800VHT с ЧПУ и АСИ.

Обработка выполняется на вращающемся и на зафиксированном столе. Материал заготовки – сплав СЧ15.

Режущий инструмент:

- для чернового растачивания – пластины CoroMill R245-12 T3 M-KH 3330;
- для получистового растачивания – пластины CoroMill R245-12 T3 M-KH 3330;
- для чистового растачивания – пластины CoroMill 245 R245-12 T3 E-KL 1020.

Суммирование элементарных погрешностей обработки проведём по формуле:

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист

БР-15.03.05-2017.ПЗ

$$\Delta_{\Sigma} = p \cdot \sqrt{\lambda_1 \Delta \varepsilon_y^2 + \lambda_2 \Delta_y^2 + \lambda_3 \Delta_n^2 + \lambda_4 \Delta_{\text{и}}^2 + \lambda_5 \Sigma \Delta_T^2 + \Sigma \Delta_{\phi}}, \text{ где} \quad (147)$$

$p$  – коэффициент определяющий процент риска получения брака при обработке;

$\lambda_1 \div \lambda_5$  – коэффициенты, определяющие законы распределения каждой из элементарных погрешностей;

$\Delta \varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки на станке;

$\Delta_y$  – погрешность обработки в результате упругих деформаций под влиянием неустойчивости нагрузок;

$\Delta_n$  – погрешность наладки технологической системы;

$\Delta_{\text{и}}$  – погрешность в результате размерного износа режущего инструмента;

$\Sigma \Delta_T$  – суммарная погрешность обработки в результате температурных деформаций;

$\Sigma \Delta_{\phi}$  – суммарная погрешность обработки в результате геометрических погрешностей станка, деформации заготовки под действием различных сил.

Из практики известно, что  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/9$ , поскольку соответствующие погрешности подчиняются закону нормального распределения.  $\lambda_4 = 1/3$  поскольку распределение соответствует закону равной вероятности.  $\lambda_5 = 1/3$  поскольку закон распределения  $\Sigma \Delta_T$  мало известен.

Тогда на основании выше изложенного, при  $p = 3$  (вероятность брака составит 0,27%), формула для расчёта суммарной погрешности диаметрального размера  $\varnothing 80\text{H}7^{+0,025}$  мм, примет вид:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta \varepsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3 \cdot \Delta_{\text{и}}^2 + 3 \cdot \Sigma \Delta_T^2 + \Sigma \Delta_{\phi}}.$$

Определим составляющие составляющей погрешности обработки.

Погрешность установки  $\Delta \varepsilon_y = 0$ , так как чистовая обработка ведется без переустановки после черновой и получистовой обработки.

Погрешность обработки  $\Delta_y$ , возникающая в результате колебаний упругих деформаций технологической системы под влиянием неустойчивости сил резания, действующих в системе переменной жёсткости, определяется по формуле:

$$\Delta_y = W_{\max} \cdot P_{y\max} - W_{\min} \cdot P_{y\min}, \text{ где} \quad (148)$$

$W_{\max} = 0,0027$  мкм/Н – наибольшая податливость системы для многоцелевого станка;

$W_{\min} = 0,0014$  мкм/Н – наименьшая податливость системы для многоцелевого станка;

$P_{y\max} = 1430$  Н – максимальные значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением получаемого размера;

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			80

$P_{ymin} = 325 \text{ Н}$  – минимальные значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением получаемого размера.

Определим погрешность обработки по формуле 148:

$$\Delta_y = 0,0027 \cdot 1430 - 0,0014 \cdot 325 = 3 \text{ мкм}$$

Погрешность наладки  $\Delta_n$  технологической системы, для поверхностей вращения, определяется по формуле:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + \left(K_i \cdot \frac{\Delta_{изм}}{2}\right)^2}, \text{ где} \quad (149)$$

$\Delta_p = 20 \text{ мкм}$  – погрешность установки фрезы при наладке на размер в поперечном направлении, при установке взаимозаменяемого режущего инструмента со сменой режущей пластинки. Для диаметральных размеров  $2\Delta_p$ ;

$\Delta_{изм} = 0,013 \text{ мкм}$  – погрешность измерения детали;

$K_p = 1,14 \div 1,73$  – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения величины  $\Delta_p$  от нормального закона;

$K_i = 1$  – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения величины  $\Delta_{изм}$  от нормального закона.

Тогда получим:

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 20)^2 + \left(1 \cdot \frac{13}{2}\right)^2} = 23,7 \text{ мкм}$$

Погрешность в результате размерного износа инструмента  $\Delta_i$ , принимаем на основании допустимого размерного износа при обработке партии заготовок в размер  $\varnothing 80H7^{+0,025} \text{ мм}$  –  $\Delta_i = 10 \text{ мкм}$ .

Погрешность обработки в результате геометрических погрешностей станка  $\Sigma\Delta_\phi = 5 \text{ мкм}$ .

Погрешность обработки в результате температурных деформаций  $\Sigma\Delta_T$ , для обработки лезвийным инструментом примем равными 10% от суммы остальных погрешностей:

$$\Sigma\Delta_T = 0,1 \cdot (\Delta\epsilon_y + \Delta_y + \Delta_n + \Delta_i + \Sigma\Delta_\phi) \quad (150)$$

$$\Sigma\Delta_T = 0,1 \cdot (0 + 3 + 23,7 + 10 + 5) = 4,2 \text{ мкм}$$

Суммарная погрешность с учетом рассчитанных элементарных погрешностей по формуле 147:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{0^2 + 3^2 + 23,7^2 + 3 \cdot 10^2 + 3 \cdot 4,2^2 + 5} = 35,39 \text{ мкм}$$

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	Лист

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

## 5.1. Техническое задание на проектирование приспособления

Спроектировать станочное приспособление для установки и закрепления корпуса цилиндрического редуктора для операции «сверлильно-фрезерно-расточная» на станке мод. 800VHT с ЧПУ и с АСИ.

1.Черновое и чистовое фрезерование торцов отверстий под подшипники;

### 3.Сверление и нарезание резьбы 16-ти отверстий.

Приспособление должно быть одноместным. Базирование приспособления осуществить по поверхности стола станка, цилиндрическому центральному отверстию и Т-образному пазу поворотного стола станка.

**БР-15.03.05-2017.ПЗ**

поверхностей корпуса редуктора приспособление должно обеспечить следующие требования точности:

Исходные данные:

- Годовая программа выпуска - 3000 шт./год.;
- Тип производства - серийное;
- Режим работы оборудования - двухсменный;
- Такт выпуска -  $t_B = 77$  мин.
- Материал заготовки корпуса редуктора - серый чугун марки СЧ15 ГОСТ 1412-79, HB220;
- Поверхность основания корпуса редуктора окончательно обработана с чистотой поверхности Ra 2,5 мкм, для использования на данной операции в качестве установочной технологической базы;
- Максимальная нагрузка на первом переходе – черновое растачивание отверстия под подшипник.
  - резец - пластины CorolMill R245-12 T3 M-KH 3330
  - длина  $L=63$  мм,  $h \leftrightarrow b=16 \leftrightarrow 16$ ,  $\phi=60 \oplus$ ;
  - Режимы резания при черновом растачивании:  
глубина резания  $t=0,249$  мм.; подача на зуб -  $s_z = 1$  мм/зуб; скорость резания -  $v = 82$  м/мин; частота вращения -  $n = 308$  мин<sup>-1</sup>; минутная подача –  $s_z = 227$  мин<sup>-1</sup>; мощность резания -  $N = 0,3$  кВт.
- Основные требования к точности предъявляются на переходах при растачивании главных отверстий  $\varnothing 80$  мм;
- На выполнение операции «сверлильно-фрезерно-расточная», норма времени составляет:  $N_{вр} = 41,9$  мин.

## 5.2. Анализ обрабатываемой заготовки, выбор элементов приспособления и схемы установки

На основании анализа переходов на операции 020 «сверлильно-фрезерно-расточная», следует, что отверстия  $\varnothing 80$  мм выполняются по Н7.

Точность диаметральных размеров и геометрической формы отверстий, обеспечивается расточным инструментом. Точность межосевого расстояния и перпендикулярности осей главных отверстий, обеспечивается параметрами точности станка. Точность положения осей отверстий относительно поверхности основания редуктора зависит от точности положения:

- установочных элементов, базирующих заготовку относительно поверхности
- основания приспособления. Отклонение от параллельности оси литых отверстия заготовки от оси расточного инструмента зависит от точности положения установочных элементов, базирующих приспособление относительно центрального отверстия и Т-образного паза поворотного стола.

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №						
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>		Лист
								83

Схему приспособления для корпуса редуктора на операции 020 «сверлильно- фрезерно-расточная» представим на рисунке 23.

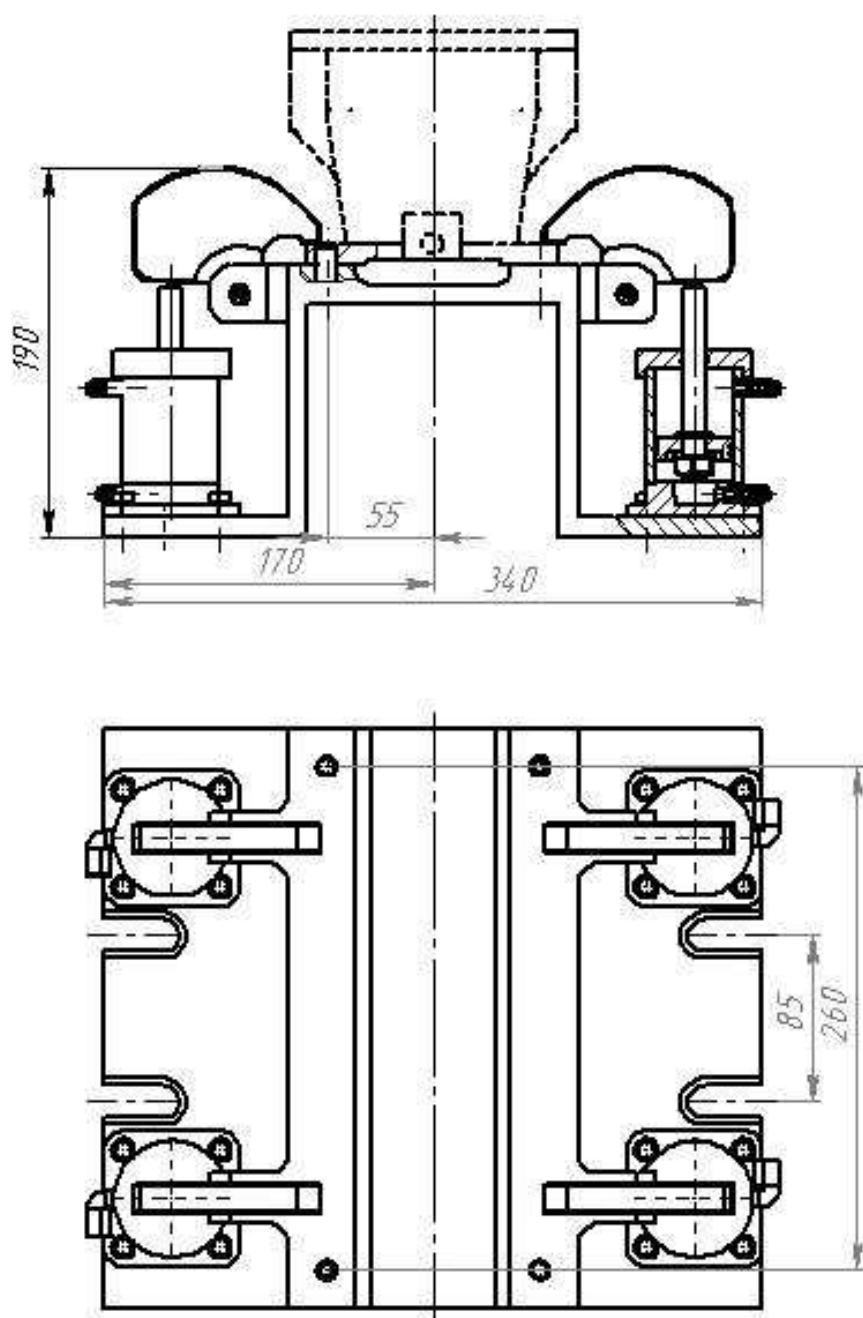


Рисунок 23 Схема приспособления для корпуса редуктора на операции 020 «Сверлильно-фрезерно-расточная

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
			<p>Рисунок 23 Схема приспособления для корпуса редуктора на операции 020 «Сверлильно-фрезерно-расточная»</p>						
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			84

### 5.3. Расчет приспособления на точность

При фрезеровании растачивании отверстий необходимо обеспечить допуск на параллельность отверстий. Допуск на параллельность, составляет:  $T = 0,06/148$  мм/мм

Погрешность установки при черновом растачивании:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6 + \varepsilon_3}, \text{ где} \quad (151)$$

$\varepsilon_6$ -погрешность базирования;

$\varepsilon_3$ - погрешность закрепления.

Погрешность базирования за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке её на установочные пальцы приспособления в результате наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев.

Наибольший зазор между отверстиями и пальцами:

$$S_{\max} = T_A + T_B + S_{\min}, \text{ где} \quad (152)$$

$T_A$ -допуск на отверстие  $\varnothing 10H7$ :  $T_A = 0,01$ мм;

$T_B$  - допуск на  $\varnothing 10f7(-0,01/-0,02)$  установочного пальца  $T_B = 0,01$ мм;

$S_{\min}$ - минимальный зазор

Между диаметрами установочного пальца и отверстия  $S_{\min} = 0,01$ мм.

Наибольший угол поворота заготовки на пальцах, может быть найден из отношения, наибольшего зазора, при повороте в одну сторону от среднего положения, к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,01 + 0,01 + 0,01}{\sqrt{260^2 + 241^2}} = 0,000146$$

Погрешность базирования на длине обрабатываемого отверстия:

$$\varepsilon_6 = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 227 \cdot 0,000146 = 0,031 = 31 \text{ мкм.} \quad (153)$$

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3$  принимаем 110 мкм. Тогда погрешность установки при черновом растачивании:

$$\varepsilon_y = \sqrt{31^2 + 110^2} = 114,2$$

Остаточная погрешность установки при чистовом растачивании:

$$\varepsilon_{yi} = k_y \varepsilon_{yi-1} + \varepsilon_{\text{инд}}, \text{ где} \quad (154)$$

$k_v$  - коэффициент уточнения ( $k_y = 0,04$ );

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			85



$\varepsilon_{yi-1}$  - погрешность установки на первом переходе;

$\varepsilon_{\text{инд}}$  - погрешность позиционирования станка ( $\varepsilon_{\text{инд}} = 0,01\text{мм}$ ).

Тогда остаточная погрешность установки при чистовом растачивании:

$$\varepsilon_{\text{у.чист.}} = 0,04 \cdot 114,2 + 10 = 14,6\text{мкм}$$

#### 5.4. Силовой расчет приспособления

На деталь при растачивании действуют силы резания. Для расчета сил зажима выберем наихудший вариант. Сила  $P_z = 227\text{Н}$  стремится сдвинуть деталь в поперечном направлении, сила  $P_x = 114\text{Н}$  стремится сдвинуть деталь в продольном направлении, сила  $P_y = 153\text{Н}$  стремится приподнять деталь (величины сил были рассчитаны при проектировании технологического процесса для чернового растачивания). Смещению детали в вертикальной плоскости препятствуют силы реакции установочных элементов, сила тяжести детали, силы зажима. Для исключения воздействия на установочные пальцы необходимо, чтобы смещению детали в горизонтальной плоскости препятствовали силы трения между деталью и установочными шайбами и между деталью и зажимающими элементами. Для определения сил зажима необходимо решить задачу статики на равновесие абсолютно твердого тела.

Составляем систему уравнений и решаем ее. Так как число опор и зажимов равно четырем, то:

$$\sum Y = P_y + 4R - 4W - G = 0; \quad (155)$$

$$\sum Z = P_z - 4fR - 4fW = 0, \text{ где} \quad (156)$$

$$P_y = 153\text{Н};$$

$$P_z = 227\text{Н} - \text{составляющие силы резания};$$

$$R_A = R_B = R - \text{реакции опор, Н};$$

$$W_A = W_B = W - \text{силы зажима, Н}.$$

$$G = m \cdot g = 20,7 \cdot 9,8 = 203\text{Н, где} \quad (157)$$

$$G - \text{сила тяжести};$$

$$f = 0,3 - \text{коэффициент трения}.$$

$$W = \frac{P_z}{4f} - R; \quad (158)$$

$$R = \frac{P_z}{8f} + \frac{G}{8} - \frac{P_y}{8} = \frac{227}{8 \cdot 0,3} + \frac{203}{8} - \frac{153}{8} = 101\text{Н} \quad (159)$$

$$W = \frac{227}{4 \cdot 0,3} - 101 = 89\text{Н}.$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
			БР-15.03.05-2017.ПЗ						86
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата				

Необходимая сила зажима равна:

$$W' = WK = 89 \cdot 2,6 = 235H, \text{ где} \quad (160)$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 2,6, \text{ где} \quad (161)$$

$K$  - коэффициент запаса для черновой обработки;

$K_0 = 1,5$  – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях;

$K_2$  – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания в следствии затупления режущего инструмента;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании, при прерывистом торцевом фрезеровании;

$K_4$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы закрепления в зажимном механизме приспособления;

$K_5$  – коэффициент, характеризующий эргономику ручных зажимных механизмов приспособления.

В качестве зажимающего элемента для данного типа производства выбираем гидравлический зажим с передвижным прихватом.

Рассчитаем диаметр шпильки. Сила, с которой должен действовать шток гидроцилиндра на прихват, чтобы прихват прижимал с необходимой силой, равна:

$$Q = \frac{W' \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta} = \frac{89 \cdot 0,089}{0,043 \cdot 0,95} = 193H, \text{ где} \quad (162)$$

$l_1, l_2$  - плечо прихвата от штока до шпильки и от шпильки до прижимающей губки, соответственно, м;

$\eta = 0,95$  – КПД, учитывающее силы трения.

Диаметр шпильки равен:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{Q}{\sigma_p}} = 1,4 \sqrt{\frac{193}{25}} = 6,4 \text{ мм}, \text{ где} \quad (163)$$

$\sigma_p$  - напряжение растяжения (сжатия) материала винта, МПа.

Округляем  $d = 10 \text{ мм}$ .

Определяем диаметр гидроцилиндра:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{193}{3,14 \cdot 7,5 \cdot 0,9}} = 15,4 \text{ мм}. \quad (164)$$

Выбираем нормализованный диаметр гидроцилиндра  $D = 16 \text{ мм}$ .

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			87

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе курсового проекта произведен анализ и обоснование технических условий на изготовление изделия. Выбраны методы достижения точности.

Представлены варианты схем базирования корпуса в процессе механической обработки. Осуществлен выбор экономичного варианта получения заготовки. Предложены методы и схемы контроля основных параметров точности корпуса.

Произведен анализ технологического процесса механической обработки корпуса, базирующегося на универсальных станках. На основе анализа предложен оптимальный вариант, в основе которого применение современного оборудования, в частности многоцелевого обрабатывающего станка 800VHT с ЧПУ и с АСИ. Таким образом, обеспечиваются требования к точности обработки детали и сокращается количество операций.

Расчетно-аналитическим методом назначены оптимальные припуски на механическую обработку наиболее точных поверхностей, с учетом особенностей построения операций.

Выполнен расчет ожидаемой погрешности обработки, подтверждающий гарантированное достижение требуемой точности спроектированной операции

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ			88

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.: ил.
2. Авраменко, В. Е. Проектирование технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / В. Е. Авраменко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1995. – 83 с.
3. Гузеев, В. И. "Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением": Справочник 2-е изд. / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; Под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2007. – 368 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового крупносерийного и среднесерийного производства. – М.: Экономика, 1991. – 160 с.
5. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Нормирование сборочных операций. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию / Сост. В. Е. Авраменко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1988. – 48 с.
6. Гусев, А. А. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.: ил.
7. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания 1983г. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с., ил.
8. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Расчёт припусков и межпереходных размеров: учебное пособие / В. Е. Авраменко, Ю.Ю. Терсков – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 88 с.
9. Комаров С.Б. Расчет и проектирование привода с клиноременной передачей и одноступенчатым цилиндрическим косозубым редуктором/ С.Б. Комаров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ. 2006. 76 с.
10. Курсовое проектирование деталей машин / С. А. Чернавский [и др.] М.: Машиностроение, 1988. 416 с.
11. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин / А.Е. Шейнблит. Калининград: Янтарный сказ, 2004. 455 с.
12. Иванов М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. М.: Высшая школа, 2003. 408 с.
13. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
14. Проектирование механических передач / С.А. Чернавский [и др.] М.: Машиностроение, 1984. 560 с.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата					89

Приложение А  
Схема сборки редуктора

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
										БР-15.03.05-2017.ПЗ
			Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

**Приложение Б**  
**Комплект документов на механическую обработку корпуса редуктора**

Инв. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №								Лист
												91
						Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>

**Приложение В**  
**Комплект документов на сборку редуктора**

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>	Лист
										92
			Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

# Приложение Г Сборочный чертеж привода

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
										БР-15.03.05-2017.ПЗ
			Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		



**Приложение Д**  
**Сборочный чертеж редуктора**

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					<b>БР-15.03.05-2017.ПЗ</b>		Лист
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата				

Приложение Е  
Чертеж корпуса редуктора

Инв. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №								Лист
												95
						Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ

Приложение Ж  
Схема наладок

Инв. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №								Лист
												96
						Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	БР-15.03.05-2017.ПЗ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


Сборка редуктора

18

1

каф. КТОМП

Редуктор

БР-15.03.05-2017 ОК

Редуктор цилиндрический одноступенчатый

ФГАОУ ВО СФУПИ

СОГЛАСОВАНО

Е.Г.Зеленкова

УТВЕРЖДАЮ

М.П. Головин

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологический процесс сборки

Разработал

Н.С.Давыдович

ТЛ

Титульный лист

1

[illegible]

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		3	1
Разраб.	Давыдович					<b>Редуктор</b>							
Проверил	Зеленкова												
Утвердил						Редуктор цилиндрический одноступенчатый							005
Н. контр.													
01	Код, наименование операции					Обозначение документа					МИ		
	0418 Комплектование												
02						Код, наименование оборудования			Тв		То		
						1 Стенд для комплектования							
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
K03	Втулка										2		
K04	Втулка										2		
K05	Маслосъемное кольцо										2		
K06	Крышечка										1		
K07	Колесо зубчатое										1		
K08	Крышка закрытая М										1		
K09	Крышка закрытая Б										1		
K10	Крышка открытая Б										1		
K11	Крышка открытая М										1		
K12	Крышка корпуса										1		
K13	Корпус										1		
K14	Вал-шестерня										1		
K15	Тихоходный вал										1		
K16	Прокладка для корпуса										1		
<b>OK</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>											3

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		2	
				<b>Редуктор</b>									
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
К01	Прокладка для корпуса										1		
К02	Прокладка для корпуса										2		
К03	Прокладка под крышку										2		
К04	Прокладка под крышку										2		
К05	Прокладка квадратная										1		
К06	Прокладка под щуп										1		
К07	Прокладка под пробку										1		
К08	Болт М8х36										4		
К09	Болт М8х75										6		
К10	Болт М5х14										4		
К11	Болт М6х16										16		
К12	Гайка М8										11		
К13	Кольцо стопорное										1		
К14	Манжета М										1		
К15	Манжета Б										1		
К16	Подшипник 205										2		
К17	Подшипник 208										2		
К18	Рым-болт										1		
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>										4	

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		3	
										<b>Редуктор</b>			
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
К01	Шайба 5										4		
К02	Шайба 6										16		
К03	Шайба 8										21		
К04	Шайба пружинная 5										4		
К05	Шайба пружинная 6										16		
К06	Шайба пружинная 8										11		
К07	Шпонка 14x9x36										1		
К08	Штифт 5x16										2		
О09	1. Комплектовать сборочную единицу												
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
<b>ОК</b>												<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>	
												5	



Дубл.												
Взам.												
Подл.												
								Сборка редуктора		8	1	
Разраб.	Давыдович				<b>Редуктор</b>							
Проверил	Зеленкова											
Утвердил												
Н. контр.					<b>Редуктор цилиндрический одноступенчатый</b>						010	
01	Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
	8800 Сборка											
02					Код, наименование оборудования			Тв		То		
					Стол сборочно-монтажный							
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р												
О03	1. Осмотреть детали вал тихоходный поз.16 и вал-шестерня поз.15										0,2	
О04	2. Установить вал поз.16 на призмы										0,2	
T05	Призма шарнирная 7082-ОСТ151295-80											
О06	3. Обдуть										0,1	
T07	Продувочный пистолет											
О08	4. Запрессовать шпонку поз.55 в вал поз.16										0,42	
T09	Гидравлический пресс											
О10	5. Снять вал поз.16										0,1	
О11	6. Переустановить и закрепить вал поз. 16										0,05	
О12	7. Осмотреть колесо поз.8										0,1	
О13	8. Смазать поверхность колеса поз.8										0,11	
M14	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ 18179-82											
M15	Ветошь ТУ 63-178-77-82											
О16	9. Запрессовать колесо поз.8 в вал поз.16										1,08	
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>									6	

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		2	
										<b>Редуктор</b>		010	
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
T01	Гидравлический пресс												
O02	10. Снять вал поз.16 в сборе											0,1	
O03	11. Переместить вал поз.16 в сборе на следующую позицию											0,05	
O04	12. Переустановить впаз.16 в приспособлении											0,2	
O05	13. Осмотреть кольцо поз.41											0,1	
O06	14. Смазать кольцо поз. 41											0,1	
M07	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M08	Смазка ОКБ-144-7 ГОСТ 18179-82												
O09	15. Установить кольцо поз.41 на вал поз. 16											0,34	
O10	16. Осмотреть втулку поз.2											0,1	
O11	17. Смазать втулку поз.2											0,1	
M12	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M13	Смазка ОКБ-144-7 ГОСТ 18179-82												
O14	18. Установить втулку поз.2 на вал поз.16											0,34	
O15	19. Снять вал поз.16 в сборе											0,1	
O16	20. Переместить вал поз.16 в сборе на следующую позицию											0,05	
O17	21. Установить вал поз.16 в приспособлении											0,2	
O18	22. Промыть вал в сборе поз.16 в промывочной ванне											0,5	
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>											7

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		3	
				<b>Редуктор</b>						010			
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
О01	23. Переместить вал поз.16 в сборе на следующую позицию											0,05	
О02	24. Просушить поверхность детали поз.16 в сборе сжатым воздухом											0,14	
Т03	Продувочный пистолет												
О04	25. Переместить вал поз.16 в сборе на следующую позицию											0,05	
О05	26. Установить вал поз.16 в приспособлении											0,2	
О06	27. Освободить от упаковки подшипник поз.45											0,08	
О07	28. Смазать подшипник поз.45											0,09	
М08	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
М09	Масло индустриальное И-12А ГОСТ 20799-88												
О10	29. Напрессовать подшипник поз.45 на вал поз.16. Длина запрессовки 45 мм											1,2	
Т11	Гидравлический пресс												
О12	30. Снять вал поз.16 в сборе											0,08	
О13	31. Переместить вал поз.16 в сборе на следующую позицию											0,05	
О14	32. Переустановить вал поз.16 в приспособлении											0,2	
О15	33. Осмотреть втулку поз.3											0,1	
О16	34. Смазать втулку поз.3											0,1	
М17	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
М18	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ 18179-82												
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>										8	

[illegible]

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		5	
										<b>Редуктор</b>		010	
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПТ	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
T01	Призма шарнирная 1082-ОСТ151295-80												
O02	49.Обдуть											0,1	
T03	Продувочный пистолет												
O04	50. Снять вал поз.15											0,1	
O05	51. Переустановить и закрепить вал поз.15											0,2	
O06	52. Осмотреть кольцо маслосъемное поз.6											0,1	
O07	53. Смазать кольцо поз.6											0,09	
M08	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M09	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ18179-82												
O10	54. Установить кольцо поз.6 на вал поз.15											0,34	
O11	55. Осмотреть втулку поз.4											0,1	
O12	56. Смазать втулку поз.4											0,09	
M13	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M14	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ18179-82												
O15	57. Установить втулку поз.4 на вал поз.15											0,34	
O16	58. Снять вал поз.15 в сборе											0,1	
O17	59. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
O18	60. Установить вал поз.15 в приспособлении											0,2	
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>										10	

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора			6
										<b>Редуктор</b>			010
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПТ	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
001	61. Промыть вал поз.15 в сборе в промывочной ванне											0,5	
002	62. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
003	63. Просушить поверхность вала поз.15 в сборе сжатым воздухом											0,14	
T04	Продувочный пистолет												
005	64. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
006	65. Установить вал поз.15 в приспособлении											0,2	
007	66. Освободить от упаковки подшипник поз.44											0,08	
008	67. Смазать подшипник поз.44											0,1	
M09	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M10	Масло индустриальное И-12А ГОСТ 20799-88												
011	68. Напрессовать подшипник поз.44 на вал поз.15. Длина запрессовки 41 мм											1,2	
T12	Гидравлический пресс												
013	69. Снять вал поз.15 в сборе											0,1	
014	70. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
015	71. Переустановить вал поз.15 в сборе в приспособлении											0,2	
016	72. Осмотреть кольцо маслосъемное поз.6											0,1	
017	73. Смазать кольцо поз.6											0,1	
M18	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>											11

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора			7
				<b>Редуктор</b>							010		
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
M01	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ 19179-82												
O02	74. Установить кольцо поз.6 на вал поз.15											0,34	
O03	75. Осмотреть втулку поз.5											0,1	
O04	76. Смазать втулку поз.5											0,09	
M05	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
M06	Смазка ОКБ-122-7 ГОСТ 19179-82												
O07	77. Установить втулку поз.5 на вал поз.15											0,24	
O08	78. Снять вал поз.15 в сборе											0,1	
O09	79. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
O10	80. Установить вал поз.15 в приспособлении											0,2	
O11	81. Промыть вал поз.15 в сборе в промывочной ванне											0,5	
O12	82. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
O13	83. Просушить поверхность впа поз.15 в сборе сжатым воздухом											0,14	
T14	Продувочный пистолет												
O15	84. Переместить вал поз.15 в сборе на следующую позицию											0,05	
O16	85. Установить вал поз.15 в приспособлении											0,2	
O17	86. Освободить от упаковки подшипник поз.44											0,08	
O18	87. Смазать подшипник поз.44											0,09	
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>											12

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		8	
				<b>Редуктор</b>						010			
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПТ	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
М01	Ветошь ТУ 63-174-77-82												
М02	Масло индустриальное И-12А ГОСТ 20799-88												
О03	88. Напрессовать подшипник поз.44 на вал поз.15. Длина запрессовки 12 мм											1,2	
Т04	Гидравлический пресс												
О05	89. Переместить подузел "Вал-шестерня в сборе" к месту сборки											0,05	
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>										13	



Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Сборка редуктора		5	1	
Разраб.	Давыдович					<b>Редуктор</b>								
Проверил	Зеленкова													
Утвердил														
Н. контр.						Редуктор цилиндрический одноступенчатый							015	
01	Код, наименование операции					Обозначение документа					МИ			
	8864 Общая сборка редуктора													
02						Код, наименование оборудования			Тв		То			
						Стенд общей сборки								
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.		
Р														
003	1. Осмотреть крышку подшипника поз.12 перед установкой манжеты поз.42											0,07		
004	2. Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.12 для установки манжеты и поверхности сопряжения крышки											0,13		
M05	Ветошь ТУ 63-178-77-82													
M06	Масло промышленное И-12А ГОСТ 20799-88													
007	3. Освободить от упаковки манжету поз.42											0,08		
008	4. Запрессовать манжету поз.42 в крышку поз.12											0,25		
T09	Оправка 72200.290.200													
010	5. Переместить подузел "Крышка подшипника в сборе" к месту сборки											0,05		
011	6. Осмотреть крышку подшипника поз.11 перед установкой манжеты поз.43											0,07		
012	7. Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.11 перед установкой манжеты и поверхности сопряжения крышки											0,13		
M13	Ветошь ТУ 63-178-77-82													
M14	Масло промышленное И-12А ГОСТ 20799-88													
015	8. Освободить от упаковки манжету поз.43											0,08		
016	9. Запрессовать манжету поз.43 в крышку поз.11											0,25		
ОК		ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА											14	

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										Сборка редуктора		2	
										<b>Редуктор</b>		015	
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р													
T01	Оправка 72200.290.200												
O02	10. Переместить подузел "Крышка подшипника в сборе к месту сборки											0,05	
O03	11. Осмотреть крышку корпуса поз.13											0,21	
O04	12. Установить крышку поз.13 в приспособление											0,2	
O05	13. Обдуть крышку корпуса поз.13											0,32	
T06	Продувочный пистолет												
O07	14. Установить прокладку поз.22 на крышку корпуса поз.13, совместив отверстия											0,08	
O08	15. Осмотреть крышку поз.7											0,07	
O09	16. Установить болт поз.46 в отверстие крышки поз.7											0,07	
O10	17. Установить шайбы поз.49, 53 на болт поз.46											0,14	
O11	18. Накинуть гайку поз.40 на болт поз.46											0,1	
O12	19. Ввернуть гайку поз.40 до упора											0,1	
T13	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80												
O14	20. Установить крышку поз.7 на крышку поз.13, совместив отверстия											0,1	
O15	21. Установить шайбы поз. 47, 51 на болты поз.37											0,56	
O16	22. Закрутить болты поз.37											0,4	
T17	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80												
O18	23. Снять крышку поз.13 в сборе											0,1	
<b>OK</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>										15	

				ГОСТ 3.1404-86				форма 3			
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
				Сборка редуктора				3			
				<b>Редуктор</b>				015			
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
Р											
О01	24. Переместить крышку поз.13 в сборе к месту сборки								0,05		
О02	25. Осмотреть корпус поз.14								0,19		
О03	26. Установить корпус поз. 14 в приспособление								0,36		
О04	27. Протереть установочные поверхности корпуса поз.14								0,1		
М05	Ветошь ТУ 63-178-77-82										
М06	Масло индустриальное И-12А ГОСТ 20799-88										
О07	28. Установить вал тихоходный в сборе в корпус поз.14								0,12		
О08	29. Регулировать осевой зазор подшипников поз.45								4,5		
О09	30. Установить вал-шестерню в сборе в корпус 14								0,12		
О10	31. Регулировать осевой зазор подшипников поз.44								0,45		
О11	32. Установить штифты поз.56 в отверстия корпуса поз.14								0,48		
О12	33. Установить прокладки поз.17, 18, 19 на корпус поз.14, совмещая отверстия								0,5		
О13	34. Установить крышку корпуса поз.13 на штифты поз.56								0,12		
О14	35. Установить шайбы поз.49, 53 на болты поз.35								0,45		
О15	36. Установить болты поз.35 в корпус редуктора								1,21		
О16	37. Установить шайбы поз.49, 53 на болты поз.36								0,45		
О17	38. Установить болты поз. 36 в корпус редуктора								1,21		
О18	39. Накинуть гайки поз.40 на болты поз.35, 36								1,21		
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>								16	

						ГОСТ 3.1404-86			форма 3			
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Сборка редуктора			4			
						<b>Редуктор</b>				015		
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
Р												
О01	40. Ввернуть гайки поз.40									0		
Т02	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80											
О03	41. Установить прокладку поз.20 на корпус редуктора, совмещая отверстия									0,02		
О04	42. Установить крышку подшипника в сборе на корпус редуктора									0,1		
О05	43. Установить шайбы поз.48, 52 на болты поз.38									0,56		
О06	44. Закрутить болты поз.38 в корпус редуктора									0,4		
Т07	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80											
О08	45. Установить прокладку поз.21 на корпус редуктора, совмещая отверстия									0,02		
О09	46. Установить крышку подшипника в сборе на корпус редуктора									0,1		
О10	47. Установить шайбы поз.48, 52 на болты поз.38									0,56		
О11	48. Закрутить болты поз.38 в корпус редуктора									0,4		
Т12	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80											
О13	49. Установить прокладку поз.20 на корпус редуктора, совмещая отверстия									0,02		
О14	50. Установить крышку подшипника поз.9 на корпус редуктора									0,1		
О15	51. Установить шайбы поз.48, 52 на болты поз.38									0,56		
О16	52. Закрутить болты поз.38 в корпус редуктора									0,4		
Т17	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80											
О18	53. Установить прокладку поз.21 на корпус редуктора, совмещая отверстия									0,02		
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>									17	

										ГОСТ 3.1404-86			форма 3		
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
										Сборка редуктора			5		
										<b>Редуктор</b>			015		
К/М	Наименование детали, сб. единицы, материала					Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.			
Р															
О01	54. Установить крышку подшипника поз.10 на корпус редуктора											0,1			
Т02	55. Установить шайбы поз.48, 52 на болты поз.38											0,56			
О03	56. Закрутить болты поз.38 в корпус редуктора											0,4			
Т04	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80														
О05	57. Установить прокладку поз.24 на сливное отверстие корпуса редуктора											0,02			
О06	58. Закрутить болт поз.39 в корпус редуктора											0,07			
Т07	Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние ГОСТ 2839-80														
О08	59. Установить прокладку поз.23 на отверстие для маслоуказателя на корпус редуктора											0,02			
О09	60. Установить щуп поз.1 в корпус редуктора											0,07			
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
<b>ОК</b>		<b>ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА</b>												18	

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


9

1

каф. КТОМП

**Корпус**

БР-15.03.05-2017 МК

Корпус

ФГАОУ ВО СФУ ПИ

СОГЛАСОВАНО

Е.Г. Зеленкова

УТВЕРЖДАЮ

М.П. Головин

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологический процесс механической обработки  
корпуса


Разработал:

Н.С. Давыдович

ТЛ

Титульный лист

1

										ГОСТ 3.1118-82			форма 1		
Дубл.															
Взам.															
Подл.										Изм.	Лис	№ докум	Подп.	Дата	
													2	1	
Разраб.					КТМП		БР-15.03.05-2017.МК								
Пров.															
Утв.					Наименование детали		Корпус								
Н.контр.															005
M01	СЧ15 ГОСТ 1412-85														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ			
		кг	7,77			0,77	Отливка					8,3			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т п.з	Тшт.
A03	005 А Фрезерно-сверлильно-расточная														
B04	5-ти осевой обрабатывающий центр с АСИ и ЧПУ модели 800VHT														
O05	Установить заготовку корпуса, проверить, закрепить.														
O06	Фрезеровать предварительно и окончательно плоскость основания, выдерживая размер 120,7 ± 0,3 мм.														
O07	Сверлить 4 отв. Ø10,5 мм в плоскости основания, выдерживая размеры 110 ± 0,3 мм и 130 ± 0,3 мм.														
O08	Сверлить 2 отв. Ø 10 мм в плоскости основания, выдерживая размеры 110 ± 0,3 мм и 260 ± 0,2 мм.														
O09	Фрезеровать 1 отв. Ø 10 мм в плоскости основания, выдерживая размер 14 мм.														
T10	Фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пластины черновые CoroMill R245-12 T3 M-KH 3330;														
T11	фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пласт. чистовые CoroMill 245 R245-12 T3 E-KL 1020;														
T12	сверло CoroDrill 870 -size 6 870-1000-6-PM 4234; сверло CoroDrill 870 -size 7 870-1050-7-PM 4234;														
T13	фреза твердосплавная со сферическим концом CoroMill Plura 1B230-1000-XA 1630.														
T14	штангенциркуль ШЦ-II-160-0,1 ГОСТ 166-80; штангенциркуль ШЦ-II-1000-0,1 ГОСТ 166-80														
15															
16															
МК	МАРШРУТНАЯ КАРТА														





Дубл.																								
Взам.																								
Подп.																								
										Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата										
															2									
										<b>Корпус</b>					БР-15.03.05-2017.МК					005				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа														
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т п.з	Тшт.								
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.									
A01	005 Б																							
O02	Установить заготовку корпуса, проверить, закрепить.																							
O03	Фрезеровать предварительно и окончательно плоскость разъема, выдерживая размер $120,7 \pm 0,3$ мм.																							
O04	Сверлить 10 отв. Ø83,5 мм, выдерживая размеры $10 \pm 0,3$ мм, $65 \pm 0,3$ мм, $112 \pm 0,3$ мм, $74 \pm 0,3$ мм, $40 \pm 0,3$ мм, $68 \pm 0,3$ мм																							
O05	Фрезеровать плоскость отверстия под щуп, выдерживая размеры $40 \pm 1$ мм, $45^\circ$																							
O06	Сверлить 1 отв. Ø9 мм под щуп, выдерживая размер 10 мм																							
O07	Нарезать резьбу М10-7Н в отверстии под щуп.																							
O08	Фрезеровать плоскость отверстия под пробку, выдерживая размер 24+2 мм																							
O09	Сверлить 1 отв. Ø11 мм под пробку, выдерживая размер 30 мм																							
O10	Нарезать резьбу М12-7Н в отверстии под пробку, выдерживая длину резьбы 15 + 1 мм.																							
T11	Фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пластины черновые CoroMill R245-12 T3 M-KH 3330;																							
T12	фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пласт. чистовые CoroMill 245 R245-12 T3 E-KL 1020; твердосплавное сверло CoroDrill 861																							
T13	861.1-0850-026A1-GP GC34; фреза CoroMill 415 face milling cutter 415-25EH25-07M; твердосплавное сверло CoroDrill 460 460.1-0900-068A1-XM GC34;																							
T14	Твердосплавное сверло CoroDrill 460 460.1-1100-083A1-XM GC34; метчик со спиральной подточкой CoroTap 200 T200-XM100AA-M10 C150;																							
T15	метчик со спиральной подточкой CoroTap 200 T200-XM101AA-M12 C150; штангенциркуль ШЦ-II-160-0,1 ГОСТ 166-80;																							
T16	штангенциркуль ШЦ-II-500-0,1 ГОСТ 166-80; калибр-пробка 8133-0922 ГОСТ 14810-69; калибр-пробка 8133-0926 ГОСТ 14810-69																							
17																								
МК		МАРШРУТНАЯ КАРТА																						

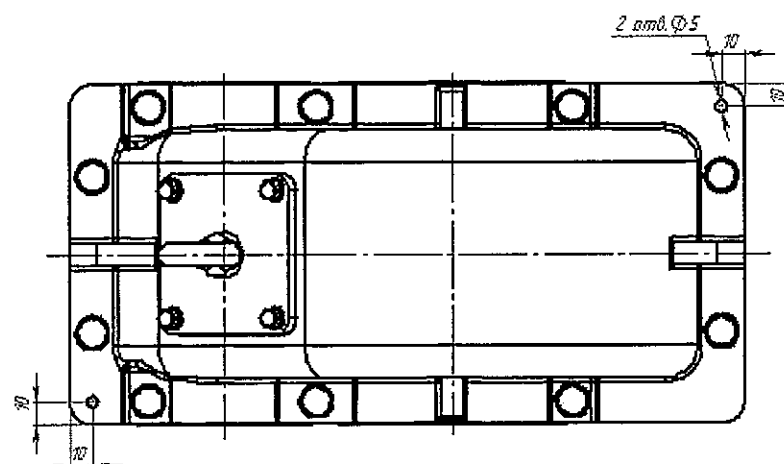
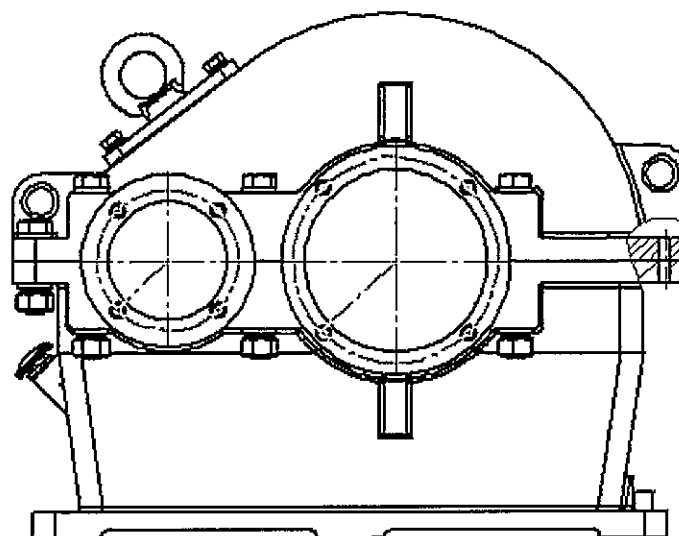


[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--


Разраб.	Давыдович			КТомСП	БР-15.13.05-2017 КЭ		
Провер.	Зеленкова						
Принял							
Утверд.	Головин			Корпус			010
Н. контр.							

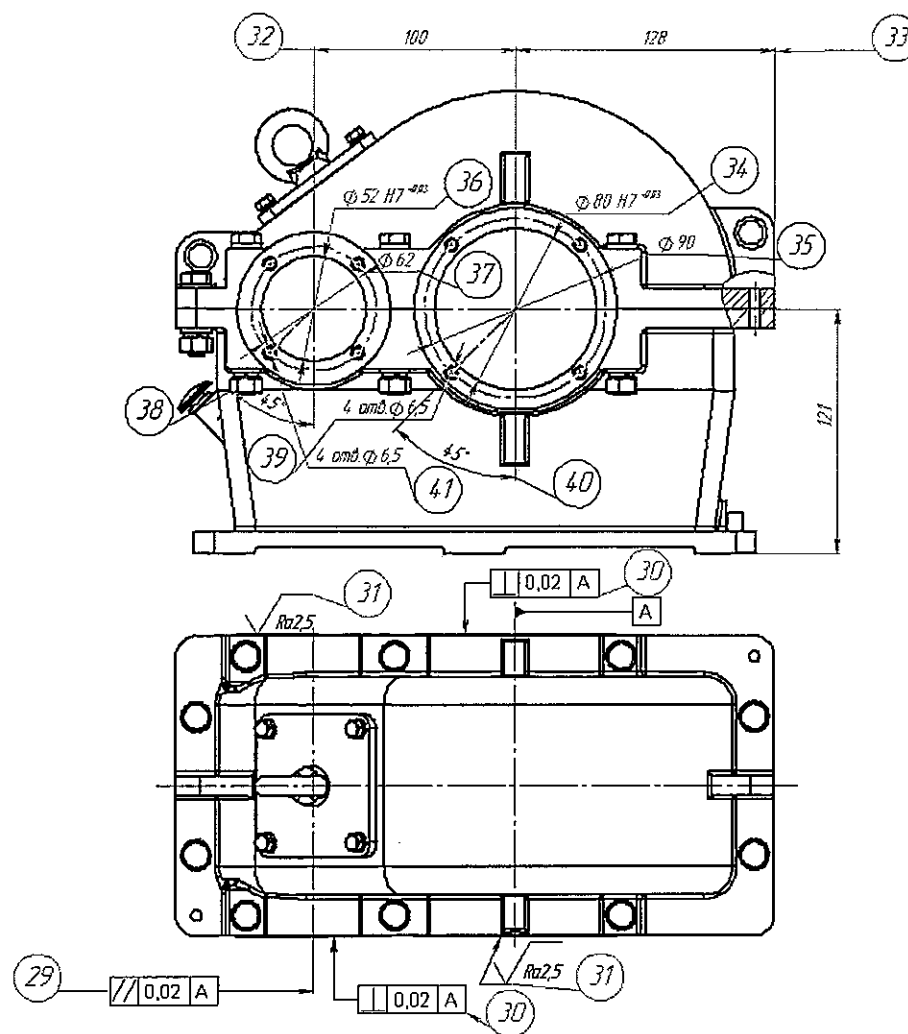


[illegible]

Дубл.																									
Взам.																									
Подп.																									
										Изм.	Лис	№ докум.	Подп.	Дата											
															2										
										<b>Корпус</b>					БР-15.03.05-2017.МК					015					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции										Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т п.з	Тшт.				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
001	Повернуть стол на 180°.																								
002	Сверлить 4 отв. под резьбу М6-7Н в торце подшипникового гнезда Ø80 мм на глубину 15 мм с образованием фаски 1х45°, выдерживая размеры																								
003	Ø90 мм. Нарезать резьбу М6-7Н в 4-х отв. на глубину 10 мм.																								
004	Сверлить 4 отв. под резьбу М6-7Н в торце подшипникового гнезда Ø52 мм на глубину 15 мм с образованием фаски 1х45°, выдерживая размеры																								
005	Ø62 мм. Нарезать резьбу М6-7Н в 4-х отв. на глубину 10 мм.																								
T06	Фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пластины черновые CoroMill R245-12 T3 M-KH 3330;																								
T07	фреза торцовая CoroMill 245 RA245-051R19-12M; пласт. чистовые CoroMill 245 R245-12 T3 E-KL 1020;																								
T08	черновой расточный инструмент CoroBore 820 820-56SC09-C4; ползун для CoroBore 820 R820B-BR14SCFC09A;																								
T09	чистовой расточный инструмент CoroBore 825 825L-137TC11-C8; резцовая вставка для CoroBore 825 R825C-AF27SCLC09T3;																								
T10	твердосплавное сверло CoroDrill 460 460.1-0550-041A1-XM GC34; метчик со спиральной подточкой CoroTap™ 200 T200-XM100AA-M6 C110;																								
T11	штангенциркуль ШЦ-II-160-0,1 ГОСТ 166-80; штангенциркуль ШЦ-II-500-0,1 ГОСТ 166-80; штангенглубиномер ШЦГ-200-0,05 ГОСТ 162-90;																								
T12	профилометр ГОСТ 19300-86; калибр-пробка 8133-0913 ГОСТ 14810-69; калибр-пробка 8136-0001 ГОСТ 14815-69;																								
T13	калибр-пробка 8136-0013 ГОСТ 14815-6.																								
14																									
15																									
16																									
17																									
МК		МАРШРУТНАЯ КАРТА																							

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Разраб.	Давыдович		КТомСП	БР-15.13.05-2017 КЭ			
Провер.	Зеленкова						
Принял							
Утверд.	Головин		Копиус				015
Н. контр.							



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
М.П. Головин  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ »      \_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Разработка конструкции цилиндрического  
одноступенчатого редуктора и технологических  
процессов его сборки и механической  
обработки корпусной детали


Руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, канд. техн. н.  
должность, ученая степень

Е.Г. Зеленкова  
инициалы, фамилия

Выпускник

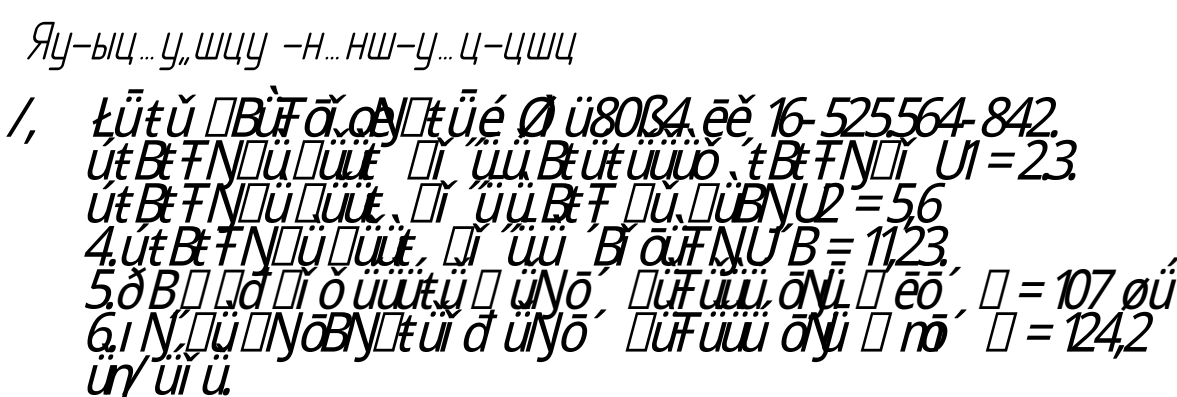
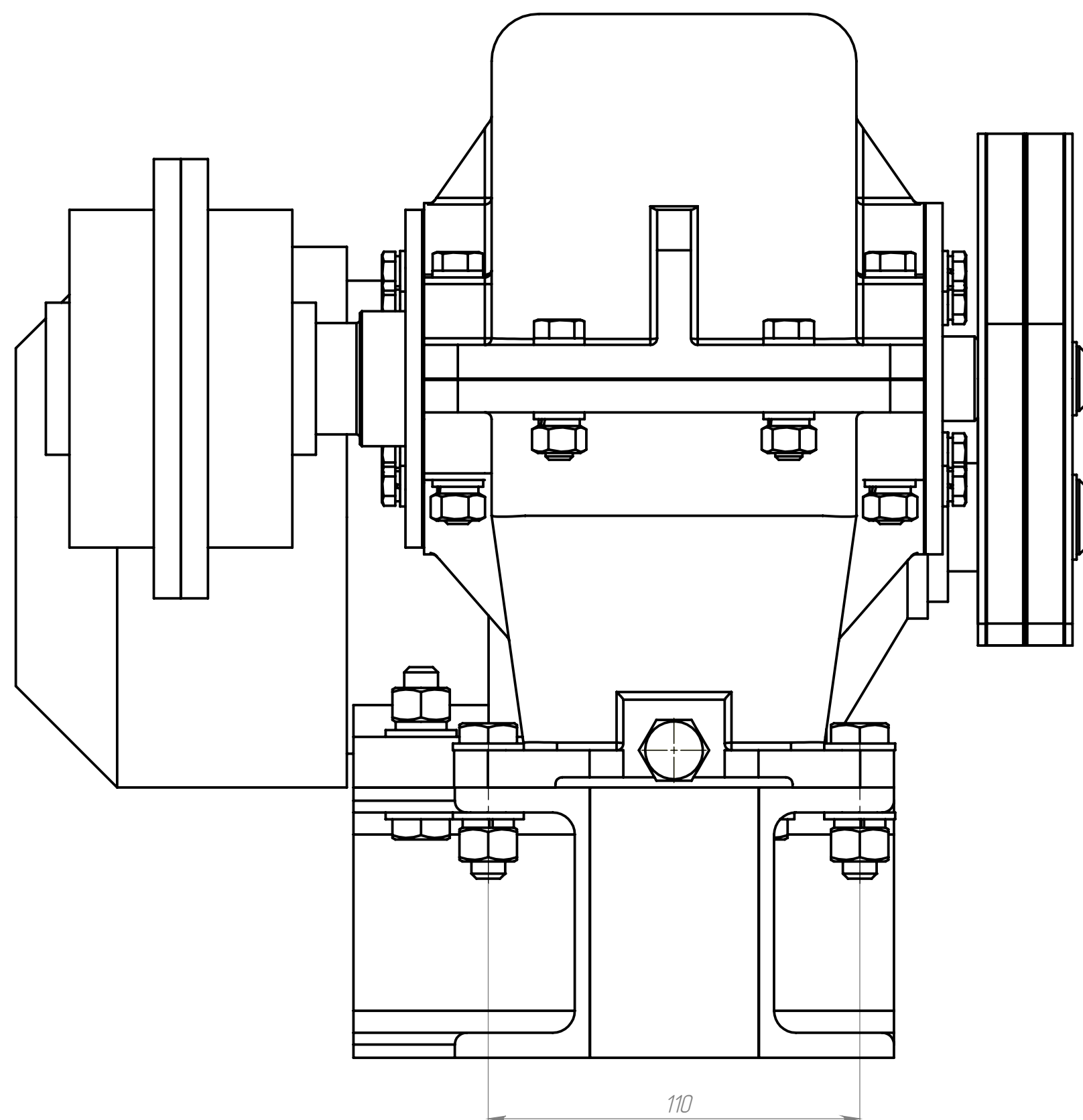
  
\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Н.С. Давыдович  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017







Яу-ыц...у,,щцу -...уорьпныцЮ

1. *блс-щц-ьпш-ын-лфурцццц-уыыу я-ьпытц-Р оыщ-нъц яхх. 6*  
 2. *бцц-уыь, ц, ьпытц, ьу%оыцццц-...уытыц-...ноь-ц-ъщ, шь-уц*  
*-щцпц ьпщ оыцццц 0,6/100 ьб/ьь = 1 ьь*  
 3. *бу-ут 4ш, ящ-н-н, ццц-уьуы-3 яу-уытн- хнх. №-Р шьф-ьь*  
 4. *-щпыьпщ ьь яьхынхыл.*  
 5. *б-пытц боын-н-Р-ын-ьщь-ьь-ьт-п-ц-цццц 2-3...н,ьп.*

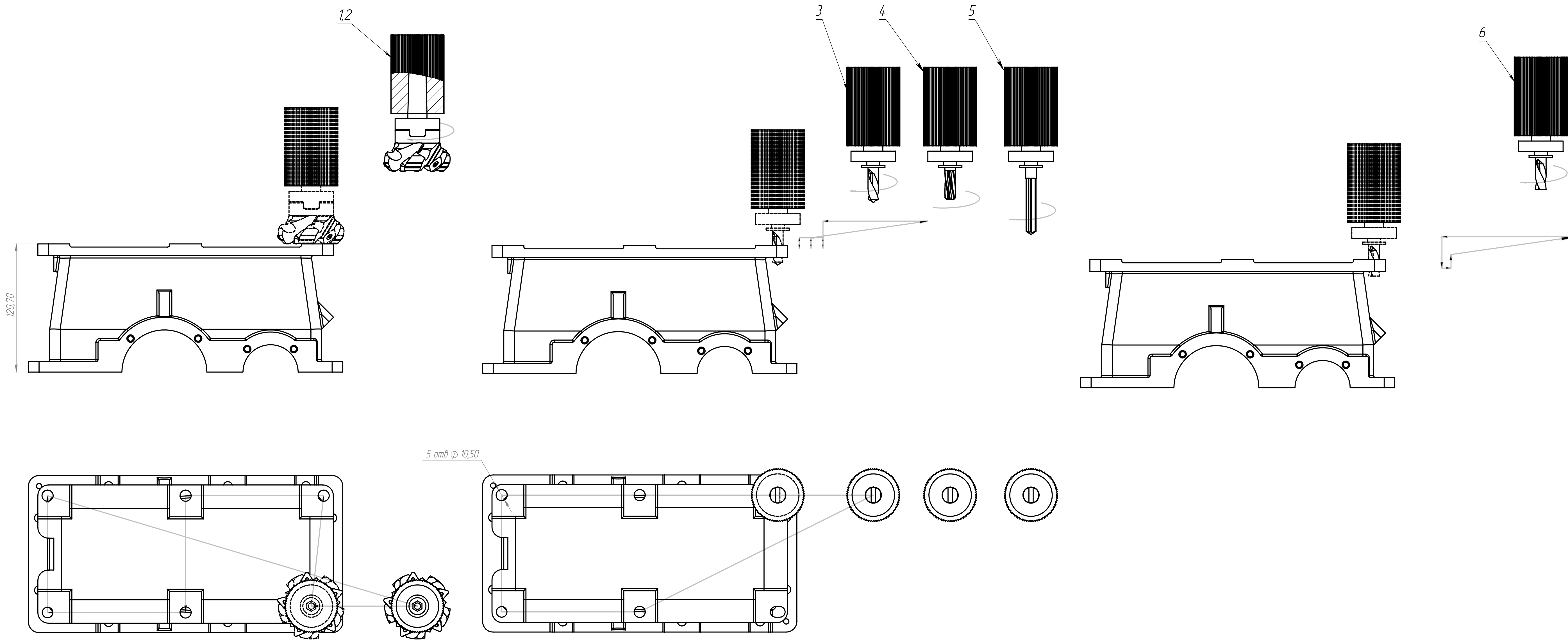
[illegible]





Операция 005 Установ 1 "Фрезерно-сверлильная"

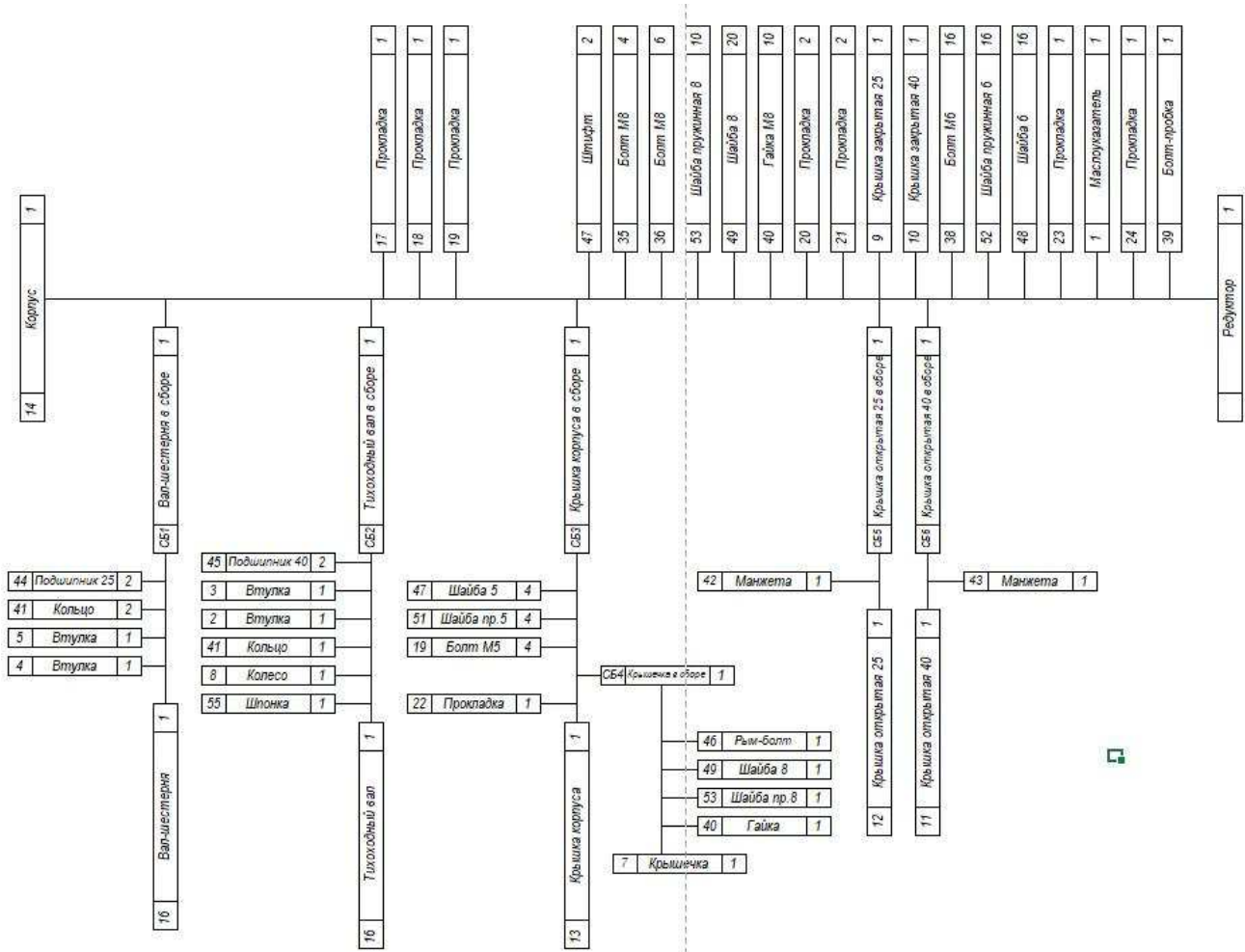
Оборудование: многофункциональный токарный сверлильно-фрезерно-расточной станок с поворотным шпинделем мод. 800VHT с ЧПУ и АСИ



Переход	№ инстр.	Инструмент	Режимы резания			
			t, мм	S, мм	n, об/мин	V, м/мин
1. Фрезеровать предварительно плоскость основания, выдерживая размер 120,7 ± 0,3 мм	1	Фреза торцовая RA245-051K19-12M пластины черновые R245-12T3 M-KH 3330	1,1	0,2	380	1920
2. Фрезеровать окончательно плоскость основания, выдерживая размер 120,7 ± 0,3 мм	1	Фреза торцовая RA245-051K19-12M пластины чистовые R245-12T3 E-KL 1020	0,5	0,13	413	2090
3. Сверлить 5 отв. Ø 8 мм в плоскости основания	2	Сверло 870-1050-7-PM 4234	12	0,21	1300	98
4. Зенкеровать 5 отв. Ø 10,5 мм в плоскости основания	3	Зенкер R429.90-08-037-06-AB	8,5	0,31	145	91
5. Развернуть 1 отв. Ø 10,7 мм в плоскости основания	4	Твердосплавная головка для развертывания 830B-E06D1000H7S12A4	25	0,16	212	74
6. Фрезеровать 1 отв. в плоскости основания, выдерживая размер 14 мм	5	Фреза концевая 1B230-1050-XA 1630	12	0,31	240	150

БР-15.03.05-2017						Лист			Масса			Масштаб		
Изм.						Лист			Масса			Масштаб		
Разраб.						Лист			Масса			Масштаб		
Прод.						Лист			Масса			Масштаб		
Т. контр.						Лист			Масса			Масштаб		
Н. контр.						Лист			Масса			Масштаб		
Утв.						Лист			Масса			Масштаб		
Головин						Лист			Масса			Масштаб		
Схема наладок						Лист			Масса			Масштаб		
СФУ ПИ ЗМТ12-14Б						Лист			Масса			Масштаб		
1						Лист			Масса			Масштаб		
Копировал						Лист			Масса			Масштаб		
Формат А1						Лист			Масса			Масштаб		

Схема сборки





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Болты ГОСТ 7805-70:		
		6		M8x30	2	
		7		M10x40	6	
		8		M10x45	4	
		9		Гайка M10 ГОСТ 5915-70	10	
				Стопорные кольца DIN 471:		
		10		19x1,2	1	
		11		22x1,2	1	
		12		Шайбы 10 ГОСТ 6402-70	10	
		13		Шайба 10 ГОСТ 11371-68	20	
		14		Шпонка 6x5x18	2	
		15		Шпонка 10x8x32	1	
		16		Муфта зубчатая	1	
		17		Ремень узкоклиновой УО	2	
		18		Электродвигатель АИР80В4	1	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Редуктор	
					Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2	

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
Справ. №		<u>Документация</u>						
				КПДМ.01.000СБ		Чертеж сборочный		
				КПДМ.ПЗ		Записка пояснительная		
						<u>Сборочные единицы</u>		
		1		КПДМ.01.100		Маслоуказатель		1
						<u>Детали</u>		
Подп. и дата		2		КПДМ.01.001		Втулка		1
		3		КПДМ.01.002		Втулка		1
		4		КПДМ.01.003		Втулка		1
		5		КПДМ.01.004		Втулка		1
		6		КПДМ.01.005		Маслосъемное кольцо		2
		7		КПДМ.01.006		Крышечка		1
		8		КПДМ.01.007		Колесо зубчатое		1
		9		КПДМ.01.008		Крышка закрытая 25		1
		10		КПДМ.01.009		Крышка закрытая 40		1
		11		КПДМ.01.010		Крышка открытая 40		1
		12		КПДМ.01.011		Крышка открытая 25		1
		13		КПДМ.01.012		Крышка корпуса		1



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		14	КПДМ.01.013	Корпус	1	
		15	КПДМ.01.014	Вал-шестерня	1	
		16	КПДМ.01.015	Тихоходный вал	1	
		17	КПДМ.01.016	Прокладка для корпуса	1	
		18	КПДМ.01.017	Прокладка для корпуса	1	
		19	КПДМ.01.018	Прокладка для корпуса	2	
		20	КПДМ.01.019	Прокладка под крышку	2	
		21	КПДМ.01.020	Прокладка под крышку	2	
		22	КПДМ.01.021	Прокладка квадратная	1	
		23	КПДМ.01.022	Прокладка под щуп	1	
		24	КПДМ.01.023	Прокладка под пробку	1	
		25	КПДМ.01.024	Компенсационное кольцо	2	
				Стандартные изделия		
		35		Болт М8х36	4	
				ГОСТ 7796-70		
		36		Болт М8х75	6	
				ГОСТ 7796-70		
		37		Болт М5х14	4	
				ГОСТ 7805-70		
		38		Болт М6х16	16	
				ГОСТ 7805-70		
		39		Болт М12х14	1	
				ГОСТ 15589-70		
		40		Гайка М8	11	
				ГОСТ 5916-70		
		41		Рым-болт	1	
				ГОСТ 4751-73		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		42		Шайба 5	4	
				ГОСТ 11371-78		
		43		Шайба 6	16	
				ГОСТ 11371-78		
		44		Шайба 8	21	
				ГОСТ 11371-78		
		45		Шайба пружинная 5	4	
				ГОСТ 6402-70		
		46		Шайба пружинная 6	16	
				ГОСТ 6402-70		
		47		Шайба пружинная 8	11	
				ГОСТ 6402-70		
		48		Шпонка 14x9x36	1	
				ГОСТ 23360-78		
		49		Штифт 5x16	2	
				ГОСТ 10774-80		
		51		Кольцо стопорное	1	
				ГОСТ 13942-86		
		52		Манжета 25	1	
				ГОСТ 8752-79		
		53		Манжета 40	1	
				ГОСТ 8752-79		
		55		Подшипник 25	2	
				ГОСТ 7242-81		
		56		Подшипник 40	2	
				ГОСТ 7242-81		
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Редуктор	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						Лист
						3